2e ANNÉE — N° 5 — 15 MARS 1891

REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

LA NATURE DES SÉCRÉTIONS MICROBIENNES

L'étude des sécrétions microbiennes comporte divers points de vue, le point de vue physiologique, par exemple, ou encore le point de vue chimique. Malheureusement, quel que soit le côté par lequel on considère la question, on saisit bien vite les lacunes et le manque de précision de nos connaissances relatives à ce sujet. Et cependant depuis quelques années, les notions vont s'accumulant, en particulier touchant le groupe de ces sécrétions qui jouent un rôle dans les phénomènes pathologiques. Aussi n'est-il pas inutile de donner quelque aperçu sur ces produits nés des infiniment petits.

I

Dans la genèse des accidents morbides, les pigments offrent jusqu'à ce jour une importance médiocre. Cependant, dans certains flux diarrhéiques, dans des expectorations spéciales, dans des exsudations plus ou moins anormales, dans la mélanémie, la coloration paraît attribuable à des microbes ou plutôt à leurs matières solubles. La teinte du pus bleu nous en offre un exemple. On peut, comme chacun le sait, retirer de ce pus bleu un corps aujourd'hui nettement défini, la pyocyanine, corps qui se dissout en bleu dans le chloroforme, en rose dans l'eau acidulée, en vert dans quelques bases, etc., corps qui, d'après Lederrhose, posséderait la formule suivante : $C^{14}H^{14}Az^{2}O$. Cette substance s'éloigne un peu des ptomaïnes par le chiffre élevé de son carbone relativement à l'hydrogène ; elle doit être considérée, toujours d'après Lederrhose, comme appartenant au groupe anthracique des éléments aromatiques. — Cette pyocyanine relativement peu toxique, du moins aux doses que l'on a injectées, sert en outre à dépister et à reconnaître avec certitude l'existence du bacille qui lui donne naissance, bacille dont le rôle, en expérimentation, a pris une grande extension.

Les agents des putréfactions fabriquent surtout des bases. On doit à Brieger la connaissance de la neuridine, de la putrescine, de la gadinine, toutes trois extraites des viandes pourries; on lui doit également la connaissance de la cadavérine, de la saprine, retirées des cadavres. A côté de ces principes d'une toxicité nulle ou médiocre, il convient d'en placer de plus dangereux, dont la découverte appartient au même Brieger; telles sont la choline, la neurine, la muscarine. Nencki nous a révélé, la collidine; Gautier et Etard, l'hydrocollidine; Mosso, Guareschi, la parvoline, etc. — Nous citons et nous omettons pour arriver plus vite aux sécrétions que nous avons principalement à considérer.

II

Déjà Bergman, Schmiedberg, en 1868, avaient mis en évidence l'existence, dans le pus, d'une matière azotée; déjà Zuelzer, Sonnenschein, au sein des tissus putréfiés, ont dépisté un corps mydriatique. Plus près de nous Pouchet, Villiers, ont isolé, des déjections des cholériques, des alcaloïdes toxiques.

Toutefois, c'est encore et surtout Brieger, qui a pu aboutir, en étudiant les cultures des différents microbes, à quelques résultats positifs. — Dans les milieux, où avait vécu le bacille d'Eberth, il a trouvé la typhotoxine, base à chlorhydrate déliquescent, provoquant chez le cobaye l'entérite, l'accé-

lération respiratoire, enfin la mort par arrêt du cœur en systole. — Il a également retiré des bouillons du bacille-virgule plusieurs bases ; on peut citer, parmi elles, la gadinine, la putrescine, la cadavérine, toutes trois connues antérieurement, et dont les deux dernières provoquent l'inflammation, la nécrose de l'intestin, la suppuration, particulièrement la cadavérine, d'après Grawitz, Behring ; une quatrième base jusque-là ignorée paraît être hypothermisante, à l'inverse de la mydaléine ou de la diastase de Roussy. — A signaler encore, à propos du choléra, les travaux de Lesage et Winter (*Acad. Méd.*, 1889), et ceux de Scholl (*Klin. int. Rundsch.* 1890).

Pour le tétanos, Brieger opérant sur des cultures malheureusement impures du microbe de Rosenbach, a découvert quatre toxines : la tétanine, la tétanotoxine, la spasmotoxine, en outre un principe innommé. Ces corps offrent un intérêt d'autant plus grand qu'ils agissent d'une façon intense sur l'appareil nervo-musculaire, en provoquant des convulsions, et parfois des paralysies. Leur injection est suivie de phénomènes qui rappellent les accidents qui se développent à la suite de l'inoculation du bacille tétanique. — Kitasato et Weyl, Knud Faber, Tizzoni et Cattani, plus récemment Vaillard et Vincent (*Soc. Biol.* 1890) ont repris l'étude chimique des cultures du tétanos. La conclusion dernière est que la toxine se rapproche singulièrement des diastases.

Traversa et Manfredi ont retiré du bouillon du streptocoque de l'érysipèle des éléments convulsivants et paralytiques. Convenons que ce genre d'accidents est cependant chose rare au cours de cette infection.

Il existe à côté des corps alcaloïdiques, si en honneur depuis Selmi, Gautier, Battistini, Nencki, etc, et dont en ce moment la faveur pâlit pour faire place à celle des toxalbumoses, il existe d'autres principes d'origine microbienne doués d'action sur l'organisme.

Christmas (*Ann. Inst. Pasteur*) a constaté que la culture pure du staphylococcus aureus contient une substance albumineuse précipitable par l'alcool et pouvant provoquer la suppuration, lorsqu'on l'introduit dans la chambre antérieure de l'œil du lapin. De cette même culture, Leber a obtenu un alcaloïde pyogène. Arloing a signalé une diastase phlogogène attribuable à l'agent de la péripneumonie et une diastase pyrétogène fabriquée par le bacillus heminecrobiophilus.

Hoffa avait isolé une ptomaïne du bouillon de la bactéridie. — Hankin (*Brit. Med. J.* 12 oct. 1889), dans une série de recherches faites au laboratoire de Koch, a reconnu la nature albumineuse d'une substance toxique extraite des milieux où avait vécu la même bactéridie charbonneuse. Il a obtenu cette substance en précipitant le bouillon à l'aide de l'alcool ou du sulfate d'ammoniaque. Le précipité était ensuite dialysé pour le purifier du sel employé, desséché dans le vide, dissous dans l'eau, enfin filtré sur porcelaine ; la quantité dissoute était estimée approximativement à la faveur de la réaction du biuret et d'une solution de peptone titrée. Le corps obtenu est très toxique vis-à-vis des cobayes et des souris ; à doses faibles il est capable de vacciner ces mêmes animaux ainsi que les lapins.

Dans une expérience quatre lapins reçurent en injection sous-cutanée des spores de charbon virulent ; l'un d'eux servit de témoin et mourut au bout de quarante heures. Deux animaux reçurent dans le sang, au moment de l'inoculation, un cinq-millionième de leur poids du principe albuminoïde, et le quatrième un dix-millionième ; l'un d'eux succomba après trois jours, les autres résistèrent. Malheureusement les faits négatifs sont, paraît-il, assez nombreux.

Roux et Yersin (*Ann. Inst. Pasteur*, t. III, 1889) ont rencontré dans les cultures du bacille de Löffler un poison ayant « beaucoup d'analogie avec les diastases ; son activité est tout à fait comparable à celle de ces substances ou encore à celle des venins ». Comme les diastases en effet, ce poison est coagulable par l'alcool, il est entraîné par des précipités tels que celui du phosphate de chaux par exemple, produits dans le liquide qui le contient ; la chaleur à 58°, le séjour à l'air, à la lumière, le détériorent.

Des mêmes cultures de ce même microbe diphtéritique Brieger et Fränkel (*Berlin. Klin. Woch.* 1890, 91 et 92) ont isolé une matière qui serait une matière albuminoïde à rapprocher de l'albumine du sérum. Cet isolement s'obtient en faisant arriver goutte par goutte dans de l'alcool la culture du bacille de Klebs, culture au préalable filtrée sur porcelaine ; une dose minime d'acide acétique favorise le coagulum que l'on sépare après un séjour de douze heures dans la glace. Ce coagulum est ensuite redissous dans l'eau, puis reprécipité par l'alcool. En recommençant sept à huit fois l'opération et en terminant par l'emploi de la dialyse, on obtient par dessiccation dans le vide à 40° une poudre blanche, amorphe, granuleuse, de faible densité.

Sa solution se précipite par l'acide carbonique à saturation, par les acides minéraux concentrés, par le phénol, le nitrate d'argent, le sulfate de cuivre ; la réaction du biuret, de Millon, la réaction xanthoprotéique, la polarisation, montrent qu'il s'agit d'un dérivé de l'albumine. Ce corps conserve longtemps ses propriétés de toxicité,

même après l'action de la chaleur à sec, à 70°. Sa composition moléculaire est la suivante :

C = 45,35
H = 7,13
Az = 16,33
S = 1,39
O = 29,80

Cette toxalbuminose diminue dans les vieilles cultures au sein desquelles on rencontre un autre principe précipitable par l'alcool fort, de couleur brune, mais inoffensif. Duclaux (*Ann. Inst. Pasteur*, juin 1890) a formulé des réserves sur la pureté du produit. Ce fait, qu'il est nécessaire d'injecter, pour tuer un cobaye, 10 milligrammes de la toxine, tandis que 2/10 de milligramme de la substance isolée par Roux et Yersin suffisent à amener la mort, ce fait donne à penser qu'il y a mélange de plusieurs éléments. Car, lorsqu'on veut un terme de comparaison pour un poison tel que celui de la diphtérie, qui peut agir spécifiquement et rapidement sous une dose des plus minimes, il est naturel de chercher d'abord parmi les diastases où on trouve des exemples de spécificité et de cette disproportion entre la cause et l'effet, avant d'aborder le groupe des matières albuminoïdes, dont la teneur est capable de varier d'une façon notable, sans trop faire souffrir l'organisme.

Brieger et Fränkel n'ont pas limité leurs recherches au bacille de la diphtérie : ils les ont étendues à des sécrétions analogues provenant d'autres microbes et ont établi deux grandes divisions parmi les toxalbuminoses : celles qui sont insolubles ou peu solubles dans l'eau, celles qui sont solubles dans ce liquide.

Les bacilles de la fièvre typhoïde, du choléra et le staphylococcus aureus fabriquent des toxalbuminoses du premier groupe. Ces toxalbuminoses ressemblent aux globulines, dont elles diffèrent cependant par leur peu de solubilité en présence du chlorure de sodium. Elles se présentent sous l'aspect de masses amorphes, se précipitent par les sels neutres à la température de 20° et produisent des accidents locaux ou généraux chez le cobaye et le lapin. Les toxalbuminoses du charbon bactéridien, de la diphtérie, du tétanos, constituent la catégorie des produits solubles dans l'eau.

III

Ces principes sont avant tout morbifiques, la plupart, à l'inverse du corps étudié par Hankin, ne sont nullement vaccinants ; tel était le cas de la toxine du bacille de Klebs. Dans ces derniers temps, la théorie chimique de l'immunité a réalisé de sensibles progrès, Après les travaux de Lewis, de Traube, etc., ceux de Grohmann, de Fodor, de Flügge, de Nuttal, de Nissen, de Behring, de Lubarsch, de Zässlein, de Petruschky, de Charrin et Roger, etc., ont amené à penser que les défenses de l'organisme proviennent en partie de ce que nombre de nos humeurs, le sérum sanguin en particulier, possèdent des propriétés bactéricides, qui varient suivant les espèces animales, suivant les germes, etc. Il faut remarquer que le terme de bactéricide ne doit pas être pris dans son sens grammatical, absolu ; une humeur est réputée bactéricide, si les agents que l'on y sème ne se développent ni en quantité, ni en qualité voulues ; les formes, les sécrétions peuvent être plus ou moins modifiées, la pullulation entravée à des degrés divers, sans que pour cela les microbes soient nécessairement tués.

Quelle est la nature chimique de ce corps ou de ces corps microbicides du sérum du sang. On ne peut répondre d'une façon précise. On sait d'après Buchner (*Arch. f. Hyg.* I et II, 1890) que la propriété antiseptique disparaît si, comme l'a vu Nuttal, on chauffe le liquide au delà de 60°, et c'est là une des raisons qui font que les tissus des animaux artificiellement vaccinés constituent des milieux de culture très fertiles, quand au préalable on les a stérilisés. Cette même propriété défavorable à la vie des microbes se supprime par la dilution ou la dialyse avec l'eau distillée, à moins qu'on n'ajoute du chlorure de sodium à 6 p. 1000 ; les congélations successives l'altèrent également. On a lieu de penser qu'il s'agit là d'un principe albuminoïde éminemment fragile, délicat, comme le sont d'ailleurs d'autres toxalbumens que le simple contact de l'eau peut également détruire ou modifier. Chose curieuse, des cultures chauffées à 100 et 120° confèrent l'immunité, alors qu'une des modifications, qui sont les conséquences de cette immunité, consiste dans la production d'une substance détruite à 60°. Cette substance nouvelle n'est donc pas une matière directement ajoutée.

Behring, Fodor, ont invoqué la réaction des humeurs pour expliquer, dans quelques cas au moins, la résistance de l'animal. Le premier de ces auteurs a supposé que certains rats devaient à l'alcalinité de leurs plasmas leur état réfractaire contre le charbon, opinion et fait d'ailleurs combattus. Mais il s'agit là du reste d'un état réfractaire naturel.

Or, si à propos des sécrétions microbiennes, on peut formuler quelques considérations relatives à ces conditions chimiques de l'immunité, c'est que, du moins pour l'immunité acquise, ces conditions font suite au passage des microbes ou de leurs produits au travers de l'organisme. Assurément, il n'est pas question de substances directement fournies par les agents pathogènes et demeurant en

permanence pour jouer le rôle d'antiseptique empêchant; l'expérience a fait justice de cette manière de concevoir les choses. Il reste cependant établi que les états microbicides, créés par la vaccination, sont le résultat d'une nutrition cellulaire plus ou moins changée, et changée sous l'influence des matières sécrétées par le germe.

IV

Une question se pose aujourd'hui. Les microbes fabriquent-ils un même corps à la fois morbifique et vaccinant, ou bien, comme le soutient M. Bouchard, existe-t-il des éléments morbifiques et des éléments vaccinants? Ces expressions de morbifiques et de vaccinants n'étant du reste usitées que pour simplifier le discours et sans idée préconçue.

Au début, quand on a commencé à soupçonner le rôle des sécrétions bactériennes, la plupart des auteurs ont eu tendance à admettre que la même substance, à des doses diverses, provoquait tantôt l'immunité, tantôt des phénomènes pathologiques, variés. M. Bouchard, le premier, a soutenu que ces matières à effets divers étaient bien distinctes. Ces notions dérivent des remarquables travaux de ce savant sur l'élimination, par les urines, des éléments fabriqués dans le corps des animaux par le bacille pyocyanique. Les recherches de Gamaleïa sur le vibrion de Metchnikoff, celles d'Arnaud et Charrin sur le microbe du pus bleu, plus récemment celles de Carl Fränkel sur la diphtérie, de Vaillard, sur le tétanos ont montré que la chaleur détruit la plus grande partie des principes nocifs, tout en laissant intacte au moins une portion des principes susceptibles d'augmenter la résistance aux virus. Depuis lors cette démonstration s'est étendue et a gagné en précision; on est allé jusqu'à entrevoir la multiplicité des corps propres à créer l'immunité absolue ou relative.

Cette première partie du problème une fois résolue, la distinction entre ce qui vaccine et ce qui tue une fois établie, on devait nécessairement arriver à se demander, en poursuivant l'analyse, si le produit morbifique était unique ou non, autrement dit si la fièvre, l'albuminurie, les convulsions, les hémorrhagies, les entérites, etc., relevaient de l'action de la même sécrétion bactérienne, ou si au contraire le microbe, pour réaliser les principaux symptômes d'une pyréxie, donnait naissance à des sécrétions diverses. Là encore, à l'origine, les esprits ont pensé plus volontiers que, dans chaque affection, l'agent pathogène correspondant fabriquait une substance spéciale, cause commune des accidents et des lésions.

Les travaux de plusieurs expérimentateurs, ceux de Brieger en particulier, ont d'abord incriminé les substances alcaloïdiques, variant avec tel ou tel germe, la typhotoxine pour le bacille d'Eberth, la spasmotoxine pour celui de Nicolaïer, etc. Dans ces derniers temps, nous l'avons indiqué, ces ptomaïnes semblent passer au second plan, et laisser la place aux toxalbumines; le microbe de Klebs et Löffler par exemple provoquerait les phénomènes de la diphtérie, à l'aide d'une albumine toxique, d'après Fränkel et Brieger, à l'aide d'une diastase d'après Roux et Yersin.

Nous estimons que, dans cette question comme dans beaucoup d'autres, il convient de ne pas être exclusif; la vérité est pour une part dans l'une et dans l'autre opinion. Nos recherches, en collaboration avec MM. Arnaud, Gley et Guignard, permettent d'affirmer que le bacille pyocyanique engendre des produits susceptibles d'être différenciés et par la chimie et par l'expérimentation. Ces recherches confirment pleinement les doctrines émises à plusieurs reprises par M. Bouchard dans son enseignement.

Ces produits microbiens peuvent se diviser au moins en trois grands groupes. Dans le premier entrent tous ceux qui sont précipitables par l'alcool, altérés par la chaleur et incapables de dialyser; dans le second ceux qui inversement sont solubles dans l'alcool et dialysent; le troisième comprend les parties volatiles. Injectées au lapin, les matières du premier groupe déterminent de la diarrhée, de l'amaigrissement, de la fièvre, quelquefois de l'albuminurie, des hémorrhagies; la rapidité de leurs effets est proportionnelle à la quantité employée. — Les corps du second groupe agissent principalement sur le système nerveux; ils font apparaître les convulsions, et, si l'animal ne succombe pas immédiatement, il peut se rétablir d'une façon définitive, tandis qu'il devient de plus en plus malade dans le cas où, sans aller jusqu'à la dose mortelle, on s'est servi des substances de la catégorie précédente. — Restent les éléments du troisième groupe, éléments que la distillation permet de séparer, et qui, entre autres principes, contiennent des produits ammoniacaux; une action très nette les caractérise. Si, par exemple, à l'aide du nitrile malonique de M. Heymans, on détermine, comme l'a fait Gley, au maximum la vaso-dilatation chez le lapin et qu'on vienne à injecter dans les veines, au moment où l'oreille est absolument rouge, une minime fraction de ces éléments du troisième groupe, on observe aussitôt un resserrement manifeste des vaisseaux. L'effet obtenu est beaucoup plus intense que lorsqu'on introduit la culture stérilisée dans son ensemble, vraisemblablement parce qu'il existe dans cette culture des corps dilatateurs, ou des corps qui tout au moins inhibent la constriction. C'est du reste ce qui

ressort des recherches de M. Bouchard d'une part, de celles de M. Gley et des nôtres, d'autre part.

Alors même qu'il s'agit d'influencer un autre germe, d'entraver son évolution, un microbe peut se servir de plusieurs sécrétions. Pour s'opposer au développement de la bactéridie, le bacille du pus bleu, placé en présence, in vitro, usera des principes volatils qu'il fabrique, mais bien plus des albuminoïdes, et des éléments solubles dans l'alcool auxquels il donne naissance. Ces données découlent de recherches que nous avons poursuivies avec M. Guignard.

Resterait, entre autres desiderata, à préciser le groupe de ces sécrétions qui renferme la matière dont la pénétration, dont le passage dans l'organisme est suivi de la création de l'immunité. Au cours de quelques tentatives, divers extraits ont semblé capables d'accroître la résistance aux virus. Peut-être, par impureté ou vice de technique, chacun de ces extraits contenait-il une fraction minime et pourtant suffisante [1] de la matière en question, alors que cette matière, à moins d'être multiple, existe en réalité ou prédomine singulièrement dans une seule des catégories auxquelles nous avons fait allusion, de préférence dans celle des produits que l'alcool précipite [2]. Toutefois, pour ne pas masquer l'effet utile, l'effet vaccinant, il est mieux, nous l'avons noté, de se débarrasser d'une part de la toxicité, en utilisant la chaleur, car, on le sait, ces substances insolubles dans l'alcool et dans lesquelles le protoplasma des germes tient une place de plus en plus grande sont douées d'une activité considérable.

Concluons donc que, de par les effets physiologiques, ici simplement indiqués, il y a, a un instant précis, dans un bouillon donné au sein duquel a vécu le bacille pyocyanique, au minimum, trois ou quatre ordres de substances toxiques variables d'importance, variables de quantité; les plus actives biologiquement ne sont pas toujours les plus abondantes ni les mieux connues. Chimiquement, on peut dire, d'une façon grossière assurément, qu'on y rencontre en premier lieu des toxalbumen, des diastases, des peptones; en second lieu des matières alcaloïdiques; en troisième lieu des parties volatiles, des ammoniaques, etc.

Même, à ne s'appuyer que sur la chimie, il est aisé d'aller plus loin et d'établir, d'une façon aussi précise que possible et non par à peu près, que les agents pathogènes microbiens, que certains agents pathogènes microbiens, pour rester étroitement dans les faits, fabriquent des corps multiples. — Des cultures du bacille du pus bleu on retire un principe défini, dont nous avons déjà parlé, la pyocyanine; sa formule, ses réactions, ses combinaisons, tout nous est connu; nous avons pu photographier ses cristaux. Or, des mêmes cultures, grâce à M. Arnaud, des sels ammoniacaux, eux aussi parfaitement purs, ont été extraits. Et nous ne comptons bien entendu ni les diastases, ni les peptones, ni les toxalbumines, que nous venons de rappeler, ni quelques pigments, ni les alcaloïdes ou autres principes que l'expérimentation permet de soupçonner. Nous ne parlons que de deux substances, qui ne sont peut-être pas les plus intéressantes, les plus actives, bien qu'elles ne soient pas inertes, mais qui sont absolument irréprochables dans leur nature, dans leur composition.

Ces deux substances permettent en outre de se rendre compte, non plus approximativement, non plus par de simples réactions, mais par la pesée, par la balance, par les mesures les plus exactes de la chimie moderne, des oscillations dans les éléments sécrétés. — Suivant les conditions physiques, ou chimiques de la culture, suivant la vitalité de l'agent producteur, des variations de quantité et de qualité peuvent s'introduire dans les sécrétions, et c'est là une des bases de la virulence. Le même microbe semé dans des ballons renfermant sensiblement le même liquide, mais à des époques différentes, a produit dans un cas, d'après Arnaud du Muséum, 0 gr. 250 d'ammoniaque par litre, et dans un second cas 0 gr. 170 seulement, la teneur normale du bouillon employé étant avant l'ensemencement de 0 gr. 025 à 0 gr. 030. En usant d'un autre milieu, on obtient jusqu'à 1 gr. Il est probable que, dans l'organisme, pareils changements ont lieu; de là des modifications dans les symptômes, les lésions, la marche, la gravité de la maladie.

Chose digne de remarque, il fut un temps, nous y avons fait allusion, où l'on accusait les bactéries d'engendrer surtout des alcaloïdes, des ptomaïnes, et, au même moment, on rattachait à la vie de nos propres cellules la création de matières analogues, de leucomaïnes. Aujourd'hui les mêmes bactéries donnent principalement naissance à des albumines; or, pendant ce temps, Rummo et Bordoni [1], Richet [2], Charrin [2], Roger [2], reconnaissent que les extraits de sang ou de tissus, à l'état sain ou à l'état de maladie, doivent spécialement leur toxicité à des éléments précipitables par l'alcool, ne supportant pas

[1] Des expériences de M. Bouchard, des analyses de M. Arnaud prouveront à quel point peut être restreinte la dose de la substance dont l'introduction est suivie de l'état réfractaire. — Nous reviendrons d'ailleurs prochainement sur ces données fondamentales, quand nous exposerons, avec M. Arnaud, par quels procédés le bacille pyocyanique attaque et détruit la matière.

[2] L'action des extraits varie suivant les microbes, suivant les milieux, etc.

[1] *Riforma medica*, 1890.

[2] *Soc. de Biol.*, 1890.

ou supportant mal de très hautes températures, ne dialysant pas ou dialysant à peine. Le parallélisme, à cet égard, et du reste à beaucoup d'autres, se trouve donc être assez complet. — On peut même ajouter que si d'un côté les microbes fabriquent des principes toxiques pour eux-mêmes, tels que les matières empêchantes des cultures, et toxiques pour nos cellules, comme par exemple les toxines, d'un autre côté, nos cellules fabriquent également des principes toxiques pour elles-mêmes, les injections de sérum le prouvent, et toxiques pour les microbes, l'état bactéricide des humeurs le démontre.

Dr A. Charrin,

Chef du Laboratoire de Pathologie générale à la Faculté de Médecine de Paris.

L'HYPOTHÈSE MÉTÉORITIQUE DE M. NORMAN LOCKYER [1]

C'est une synthèse générale du monde que nous offre aujourd'hui le savant spectroscopiste, synthèse fondée sur une hypothèse nouvelle, d'après laquelle l'espace céleste ne devrait plus être appelé le *vide planétaire*, mais bien le *plein météoritique*. La matière des météorites, dispersée en une infinité de petites masses primitivement froides, mais tendant à former des amas plus considérables et plus chauds sous l'influence de la gravitation, voilà la commune origine de tous les astres, que ceux-ci s'appellent comètes, soleils, nébuleuses ou même étoiles filantes. L'hypothèse proposée sert encore à expliquer les diverses colorations des étoiles, les variations de leur éclat, les spectres des étoiles doubles et aussi ceux de la lumière zodiacale, de l'aurore boréale et d'une classe particulière d'éclairs. En somme tous les phénomènes lumineux qui se passent au-dessus de nos têtes, sont rapportés à une cause unique : l'incandescence par les agents physiques dérivés eux-mêmes de l'attraction Newtonienne, des divers éléments contenus dans les pierres météoriques.

Mais il nous est facile de nous procurer dans les collections des échantillons des principales pierres tombées du ciel et de les illuminer par la chaleur ou par l'électricité ; nous devons donc par ce moyen pouvoir reproduire dans le laboratoire la lumière des étoiles, des comètes, de l'aurore boréale, etc. : c'est ce que M. Lockyer pense avoir réussi à faire.

I

Son livre débute par l'examen des spectres des métaux à différents degrés de chaleur, dans la flamme du chalumeau à oxygène, dans l'arc électrique et dans l'étincelle des condensateurs. Les résultats de ces recherches sont résumés dans un tableau fort clair où les principales raies ou bandes sont figurées avec leur température d'apparition. Puis vient la comparaison de ces spectres avec ceux obtenus en traitant les météorites de la même façon. Comme on pouvait s'y attendre, d'après les recherches antérieures de l'auteur, ce sont les raies de basse température, appartenant aux éléments les plus volatils du mélange, qui apparaissent en premier lieu dans le spectre. En ce qui concerne les gaz et vapeurs que les météorites peuvent émettre, on a recours pour les étudier au procédé déjà usité des tubes de Geissler. La substance, enfermée dans ces appareils rigoureusement privés d'air, est chauffée plus ou moins, pendant que l'on y fait passer l'étincelle d'induction ; on compare ensuite les bandes et raies observées avec celles de l'hydrogène, des hydrocarbures, de l'oxyde de carbone, etc.

Il est bon de signaler à ce sujet que M. Lockyer continue à attribuer au *carbone* médiocrement chaud les cannelures généralement considérées comme caractéristiques de l'oxyde de carbone et qu'il se range aussi à l'opinion de Wüllner et d'Hasselberg selon laquelle le spectre à raies nombreuses attribué par MM. Berthelot et Richard à l'acétylène est dû à l'*hydrogène* relativement froid. Le mode de préparation du gaz hydrogène décrit dans le nouvel ouvrage ne semble d'ailleurs pas propre à faire rejeter l'opinion des savants français, car aucune précaution n'est prise pour éliminer une impureté carbonée ; on produit le gaz dans le tube même en y chauffant simplement du magnésium ou un morceau de sodium « n'ayant jamais subi le contact des hydrocarbures ». Enfin la bande ombrée commençant au λ : 500 et décrite habituellement depuis les travaux de Liveing, comme appartenant à la magnésie, aussi bien que la raie 521 qui apparaît dans la flamme du magnésium avec b^1 et b^2 (Lockyer) et dont MM. Liveing et Dewar assignent l'origine au magnésium *en présence de l'hydrogène*, sont attribuées toutes deux au métal *magnésium* plus ou moins chaud.

La section III contient une discussion très complète des différentes opinions professées sur l'origine de l'aurore boréale. On y compare le spectre de celle-ci, déterminé par les meilleurs observateurs, 1° au spectre de l'air produit dans un large

[1] The Meteoritic Hypothesis, a statement of the results of a spectroscopic inquiry into the origin of cosmical systems, par Norman Lockyer. — Un vol. in-8° de 360 pages, avec nombreuses figures. Prix : 21 fr. 25 net. Londres, Macmillan, 1890.

tube de Geissler fonctionnant à des pressions variées et examiné dans le sens de sa longueur; 2° au spectre du carbone froid (CO) ; 3° au spectre de l'oxygène. Il n'y a pas de coïncidences. On peut au contraire, selon l'auteur, arriver à reproduire les diverses raies de l'aurore en superposant les bandes du carbone chaud et froid (mais pas toutes), la bande 431 du spectre de Swan, les deux cannelures importantes du magnésium (500 et 521) la cannelure la plus visible du fer et enfin la cannelure principale du manganèse et une ligne du même élément. Ces deux dernières radiations apparaissent les premières lorsqu'on chauffe le manganèse. La brillante cannelure 558 de ce métal, ou plutôt, semble-t-il, de son oxyde, serait donc, ce qui paraît surprenant, identique avec la raie la plus caractéristique de l'aurore boréale, celle dont Angström avait donné le λ : 556.7, valeur que les observateurs subséquents avaient tous d'ailleurs trouvée un peu trop faib'e. En somme c'est à la fine poussière de météorites suspendue dans les hautes régions de l'air et illuminée par l'électricité que M. Lockyer ressuscitant la théorie de Olmsted et de Groeneman attribue le phénomène de l'aurore polaire. Vogel avait déjà signalé la coïncidence assez exacte des lignes de l'aurore avec celles d'un métal qui existe précisément en forte proportion dans toutes les météorites, mais ce métal — le fer — possède des raies si nombreuses dans presque toutes les parties du spectre que cette coïncidence ne lui a paru qu'accidentelle.

Mais les décharges électriques qui constituent les éclairs peuvent se rapprocher, lorsqu'elles sont relativement faibles, de celles de l'aurore polaire ; aussi M. Lockyer fait-il remonter aux météorites, c'est-à-dire aux métaux, — parmi lesquels le thallium (?) —-l'origine des raies observées par M. Schuster dans le spectre des éclairs au Colorado. Il va sans dire que les éclairs les plus vifs sont, comme les traits de feu de nos machines, dus à l'incandescence de l'air lui-même et en fournissent le spectre.

II

Dans la section IV on considère les essaims météoritiques en dehors de l'atmosphère terrestre ; on y passe en revue tous les arguments en faveur de la théorie aujourd'hui classique de M. Schiaparelli, selon laquelle ces essaims constituent les comètes, et l'on y résume les récents mémoires de M. Roche de Montpellier et M. Bredichine de Moscou sur les causes qui peuvent expliquer la forme de ces astres, de leurs enveloppes et de leurs queues. On explique ensuite les différentes apparences que présentent leurs spectres selon leur plus ou moins grande distance du soleil et par suite selon leur température. On y signale l'apparition successive des raies suivantes. 1° Bande cannelée du magnésium froid (500) remplacée bientôt par celles du carbone froid (CO). 2° Ces bandes font place à leur tour aux bandes du carbone chaud (spectre de Swan) qui s'associent généralement à la cannelure du magnésium chaud (521). 3° Les mêmes bandes subissent des changements de position et d'aspect par l'adjonction de bandes d'émission voisines dues au manganèse ou au plomb, ou au contraire par l'absorption des mêmes radiations ; absorption qui masque la bande citron du carbone. Cette dernière hypothèse ne sera évidemment pas reçue sans discussion. 4° La température croissant, on voit encore apparaître en 421 une bande que M. Lockyer attribue à un nouveau spectre du carbone (carbone B ; Cyθ de Watts) en même temps que se manifeste l'absorption par les vapeurs de fer. 5° Toutes ces bandes sont abolies dans le voisinage du soleil et les métaux fer, magnésium et sodium manifestent seuls leur présence par l'apparition des plus visibles parmi leurs lignes, soit à l'état de raies lumineuses, soit à l'état de raies d'absorption.

Si l'on compare les principales raies observées dans les spectres de différentes comètes avec celles de l'aurole boréale, on arrive à cette conclusion que la plupart coïncident, et spécialement 500 et 521 (Mg), 558 (Mn) et 546 (Pb), ce qui ajoute un argument en faveur de l'origine météoritique du phénomène auroral.

Quelle est la cause de la chaleur et de la lumière développée dans les comètes? M. Lockyer en énumère plusieurs qui font toutes intervenir les chocs des météorites. Ces chocs ont lieu non seulement entre les éléments d'un même essaim, mais surtout entre l'essaim circulant autour du soleil et le *plein météoritique* d'autant plus dense qu'on se rapproche plus de l'astre central. L'auteur voit une confirmation de ses vues dans la forme *en croissant* que prennent les comètes, encore très éloignées de nous quand elles quittent l'apparence nébuleuse.

Quant aux queues de ces astres elles sont produites par les gaz occlus dans les météorites (hydrogène et composés carbonés) lesquels sont chassés par la force répulsive du soleil ; aussi ne reparaissent-elles plus dans les comètes qui ont été souvent dans le voisinage du soleil, celles à courte période. Leur lumière est semblable à celle de l'aurore boréale, non seulement dans la plupart de ses caractères — variations rapides d'éclat, spectre, etc. — mais dans son origine elle-même. Dans un cas en effet on a affaire à un gaz se mouvant dans une poussière de métorites, dans l'autre à un nuage de poussière météoritique se mouvant dans l'atmosphère : dans les deux phénomènes la production de lumière paraît due à l'électricité.

Après avoir considéré les météorites dans le

laboratoire, dans l'atmosphère terrestre et dans le système solaire où elles forment les comètes, M. Lockyer étudie celles-ci dans l'espace céleste d'où elles viennent et où la plupart retournent. Elles lui apparaissent comme tout à fait semblables à ces autres amas de poussière cosmique qu'on nomme *nébuleuses :* c'est l'opinion de M. Schiaparelli. Il est difficile en effet de distinguer au télescope un nébuleuse planétaire d'une comète très loin de son périhélie. De plus M. Lockyer affirme que les spectres sont semblables. M. Huggins, qui découvrit en 1864 le spectre des nébuleuses, le trouva composé de raies brillantes peu nombreuses, parmi lesquelles il signala la plus caractéristique dans le vert, à la longueur d'onde 500 ; il l'attribua par la suite à l'azote. En 1882 il réussit à photographier le spectre de le nébuleuse d'Orion et il donna les longueurs d'onde suivantes pour les quatre lignes enregistrées : 371, 434, 486, 495 et 500. La première de ces lignes n'existe dans la nébuleuse d'Orion que par places, en revanche certaines parties de la même nébuleuse en donnent d'autre. Il est extrêmement probable que les raies 434 et 486 appartiennent à l'hydrogène, ce sont G[1] et F du soleil; quant à 495 elle est d'origine inconnue et on ne l'a pas signalée dans les spectres cométaires.

Reste la forte raie 500, caractéristique des nébuleuses et qui, d'après sa longueur d'onde et une comparaison directe faite par M. Huggins, coïncide avec la moins réfrangible des deux raies voisines les plus brillantes de l'azote. On avait été surpris de la trouver seule dans les nébuleuses, M. Lockyer explique ce fait très simplement. Ce n'est pas une raie de l'azote, elle est identique avec la raie 500,6 des comètes et appartient au « magnésium froid ». A l'appui de son opinion il cite de nombreuses comparaisons de lectures micrométriques, mais, ce qui est plus probant encore, il décrit une expérience personnelle faite avec un spectroscope très dispersif et où l'on a juxtaposé les spectres du magnésium brûlant et de l'azote avec un réticule exactement centré sur la raie de la nébuleuse d'Orion. Celle-ci est sensiblement moins réfrangible que la raie de l'azote 500,5; elle coïncide parfaitement avec la raie du magnésium 500,6; enfin elle est dégradée vers le violet comme elle.

III

Il est certain que cette comparaison est d'un grand poids en faveur de la similitude des comètes et des nébuleuses : ce sont des nuages cosmiques. M. Lockyer pense qu'ils sont rendus visibles par la collision des petites masses qui les composent et il essaye de préciser cette notion. Selon lui, si les orbites elliptiques des météorites se coupent régulièrement sur la surface d'une sphère, celle-ci devenant lumineuse par la chaleur due aux chocs, prend l'apparence d'une nébuleuse planétaire. Après le choc les masses météoritiques peuvent parcourir d'autres orbites également régulières dont l'intersection fournirait une autre surface sphérique intérieure à la première; telle serait l'origine des nébuleuses globulaires et des étoiles nébuleuses. Ce chapitre singulièrement hypothétique est illustré de magnifiques photographies dues à M. Roberts.

Certaines étoiles, dont le spectre présente des raies brillantes, doivent, d'après les idées exposées ci-dessus, être aussi considérées comme des essaims météoritiques un peu plus condensés que les nébuleuses. La comparaison des spectres est en faveur de cette assimilation : les raies brillantes sont en effet pour la plupart celles des comètes, et on y reconnaît presque toujours le spectre de Swan (carbone chaud) et celui de l'hydrogène, qui, s'il n'apparaît guère dans le spectre des comètes, ne fait jamais défaut dans celui des nébuleuses.

Une autre classe d'astres, celle des petites étoiles à bandes sombres dégradées vers le rouge (α d'Hercule, Mira Ceti) paraît devoir être rapprochée de la précédente; au moins distingue-t-on dans leurs spectres les cannelures brillantes du carbone (516 et 474) accompagnées de bandes d'absorption des métaux (Mg, Mn, etc.).

Il y a donc un lien de parenté entre tous les corps célestes puisque nous sommes arrivés de proche en proche à considérer les étoiles, ou du moins certaines d'entre elles comme des amas de météorites. Mais M. Lockyer, rompant ici avec la théorie classique de Laplace, selon laquelle la température des nébuleuses et des étoiles irait constamment en s'abaissant, insiste sur cette conséquence de ses propres idées, qu'il y a des astres dont la température augmente (par la condensation des éléments météoritiques) et d'autres où elle diminue (par rayonnement). De sorte qu'un même astre passe deux fois par le même degré de chaleur, une fois avant d'atteindre et une autre après avoir dépassé son maximum de température. La structure d'un spectre ne peut donc pas nous renseigner exactement sur l'*âge* d'une étoile, et un soleil fournissant de nombreuses lignes d'absorption comme le nôtre pourrait aussi bien dans la suite des siècles devenir plus chaud et présenter alors le spectre moins compliqué des étoiles les plus brillantes, que se refroidir et donner en conséquence les bandes d'absorption — surtout celles du carbone — des étoiles déjà vieilles.

Si donc on partage les corps célestes en divers groupes d'après le degré de condensation de la matière météoritique primitive, on sera amené à en établir sept, non compris celui des météorites

non lumineuses qui servent de point de départ et dont on n'explique pas du tout la formation.

1° Astres à spectres possédant des raies ou des bandes brillantes (Nébuleuses; étoiles à raies brillantes — γ d'Argus, Étoiles de Wolf et Rayet dans le Cygne, etc.).

2° Étoiles à spectre mixte d'émission et d'absorption. Ce sont celles sur lesquelles les remarques de Dunér ont surtout porté (α d'Orion et α de la Baleine par exemple). Elles donnent des bandes et lignes obscures, mais aussi, d'après M. Lockyer, des bandes lumineuses; en effet, selon lui, les bandes de 1 à 8 de la nomenclature de Dunér sont bien des bandes d'absorption et appartiennent vraisemblablement au magnésium, au manganèse, au baryum, au plomb et au fer; mais celles qui portent les n°s 9, 10 et 11 ne paraissent noires que par contraste, ce sont de simples intervalles obscurs qui séparent les bandes d'émission du carbone : 473 (Bande de Swan), 460 (carbone B ou cyanogène) et 431 (Bande de Swan).

3° Étoiles où les bandes ombrées ont disparu pour faire place aux lignes noires. La cannelure du magnésium y est remplacée par le triplet *b*, les raies métalliques sont très fortes (α du Taureau, β d'Ophiucus); elles le sont d'autant moins que la température s'élève davantage et que les raies de l'hydrogène deviennent plus visibles (β de Persée et α de l'Aigle). Il est facile de suivre cette gradation intéressante dans un tableau très démonstratif qui illustre le chapitre.

4° Étoiles les plus brillantes et les plus chaudes (α de la Lyre), caractérisées par de très fortes raies noires de l'hydrogène et des raies métalliques, fines et peu nombreuses. M. Lockyer suppose que l'énorme excès d'hydrogène qu'elles renferment est dû à la dissociation des éléments métalliques.

5° Étoiles en voie de refroidissement, analogues à notre Soleil, et présentant comme lui de nombreuses raies métalliques, accompagnées de celles de l'hydrogène. Il serait intéressant de trouver un critérium pour placer ces étoiles dans ce groupe plutôt que dans le groupe troisième. M. Lockyer pense l'avoir trouvé dans l'absence ou la présence de certaines raies particulières, par exemple, de la raie 499, qui, très faible dans la Chèvre, Arcturus et notre soleil, est très forte chez d'autres étoiles; mais il confesse qu'il serait désirable de trouver d'autres caractères de classification plus importants.

6° Étoiles à spectre d'absorption cannelé. Comme l'a reconnu Secchi, ces cannelures sombres correspondent aux cannelures brillantes du carbone. On les a toujours considérées comme caractérisant une température fort basse.

7° Étoiles non lumineuses analogues aux planètes.

IV

Dans la section VII de son livre, M. Lockyer traite de l'origine des étoiles doubles ou multiples. Elles peuvent provenir, soit de la condensation d'une double nébuleuse, soit d'un essaim météoritique, sorte de comète gigantesque, devenue satellite d'une étoile déjà formée. Dans le premier cas, si la couleur diffère plus ou moins, on peut supposer que le premier compagnon, quoique formé en même temps que l'autre, a accompli plus vite que celui-ci, supposé plus gros, les phases de son existence, il a donc passé par sa température maxima avant que l'autre l'eût atteinte. Tel serait le cas, par exemple, d'une étoile jaune du cinquième groupe, associée avec une bleue du premier (I de Cassiopée). On peut ainsi expliquer la coloration de presque tous les groupes sans avoir recours à la seconde hypothèse. Malheureusement, l'étude spectrale des étoiles doubles n'est pas assez avancée pour permettre de pousser plus loin la discussion.

Les étoiles variables (section VIII) peuvent être considérées comme des systèmes multiples d'amas météoritiques gravitant les uns autour des autres et dont les orbites se coupent en quelque point. Lorsque la rencontre des essaims a lieu, la température s'élève et l'on voit apparaître de nouvelles radiations, principalement celles de l'hydrogène et des gaz carbonés. Si l'un des astres est une véritable étoile, l'hypothèse devient analogue à celle par laquelle Newton expliquait l'apparition des *Novæ*, qui étaient pour lui des étoiles en voie d'extinction auxquelles la chute d'une comète apportait tout à coup de nouveaux aliments. Evidemment, les vues de M. Lockyer s'appliquent mieux aux astres à raies brillantes qu'à tout autre corps céleste; or, on remarque précisément que presque tous les exemples de variabilité se rapportent à cette classe d'étoiles, β de la Lyre appartenant au groupe premier et Mira Ceti au groupe deuxième. D'autres causes de variabilité peuvent être d'ailleurs invoquées, par exemple, l'existence d'un satellite obscur, par laquelle M. Pickering explique les variations d'Algol.

Tels sont les points principaux traités dans le nouvel ouvrage; M. Lockyer le clôt par un résumé magistral où apparaît toute la grandeur de l'édifice qu'il a mis vingt ans à élever. Nul doute que ce livre ne soit très lu, mais aussi très discuté, au moins dans quelques-unes de ses parties. Du reste, contradicteurs ou adeptes n'auront pas à chercher ailleurs des arguments en faveur de leurs propres idées. Il contient, en effet, une masse

considérable de documents et d'informations sous forme de notes, de citations, de tables numériques, de tableaux et de graphiques. Il est enrichi, de plus, de magnifiques photographies stellaires dues à M. Roberts; à tous ces points de vue encore, il deviendra un des livres les plus consultés de l'astronomie physique.

G. Salet,
Chargé de Cours
à la Faculté des Sciences de Paris.

LES ÉQUILIBRES CHIMIQUES

DEUXIÈME PARTIE : APPLICATION DES PRINCIPES DE LA THERMODYNAMIQUE

Dans un précédent article[1] nous avons exposé les principes fondamentaux spéciaux à la mécanique chimique. Il faut maintenant combiner ces principes spéciaux avec les principes généraux de la thermodynamique pour en tirer les lois applicables directement aux transformations et aux équilibres chimiques.

I

Les principes de la thermodynamique sont assez connus pour qu'il soit suffisant de les rappeler sommairement.

Les deux premiers principes, celui de Joule et celui de Carnot, s'expriment simultanément par la relation

$$du = tds - pdv$$

où du, ds, dv, sont les variations d'énergie intérieure, d'entropie et de volume dans une transformation réversible quelconque, à la température absolue t, et sous la pression p.

Pour simplifier, nous ne considérerons que des systèmes où les variations de quantité d'électricité et de vitesse sont nulles.

Le troisième principe de la thermodynamique est le principe de Clausius ; ce principe a reçu des énoncés différents qui ne sont pas toujours suffisamment précis ; il doit être formulé comme suit :

Toute transformation spontanée d'un système hors d'équilibre et isolé, c'est-à-dire dont le volume ne varie pas, et qui ne peut emprunter ni abandonner de chaleur à l'extérieur, est accompagnée d'un accroissement d'entropie[2].

Le principe de Clausius n'a d'autre critérium que l'expérience ; il ne se peut déduire des principes de Joule et de Carnot. Il représente en thermodynamique la première loi du mouvement de Newton, car l'entropie joue ici le même rôle que la vitesse en mécanique. Ce principe forme la base de toute la mécanique chimique, et l'on peut en déduire presque immédiatement la loi du mouvement chimique.

Lois du mouvement et de l'équilibre chimique. — Pour faire usage des lois fondamentales de la thermodynamique, il convient de faire intervenir une notion spéciale, celle de l'*énergie utilisable* qui a le grand avantage de donner à ces principes une forme en quelque sorte tangible sans modifier en rien la rigueur des raisonnements. Avant de définir exactement cette nouvelle grandeur et celles qui s'y rattachent, on en donnera une idée générale en s'aidant d'exemples familiers.

Toute l'énergie dont nous pouvons disposer dans la Nature, et que nous pouvons utiliser à notre gré sous forme de travail mécanique ou d'électricité nous est fournie directement ou indirectement par des corps primitivement hors d'équilibre pendant qu'ils reviennent à leur position d'équilibre ou simplement s'en rapprochent. Ainsi l'eau qui tombe des montagnes pour se rendre à la mer, la vapeur qui se refroidit de la température de la chaudière à la température du condenseur, sont les sources principales de travail dont nous disposons. Les systèmes chimiques hors d'équilibre peuvent aussi remplir le même office : tel est l'explosif qui lance le projectile dans le canon, ou le charbon qui par sa combustion échauffe l'eau de la chaudière à vapeur. Tout système hors d'équilibre est un réservoir de travail disponible ; c'est là une loi expérimentale très générale dont le principe de Clausius n'est que l'application aux phénomènes thermiques.

Ceci dit, passons à l'exposé rigoureux de la question, et rappelons tout d'abord que, pour simplifier, nous n'envisageons que les phénomènes qui ne comportent pas de variations sensibles de vitesses des systèmes ou des éléments des systèmes considérés, comme nous faisons abstraction des changements électriques, magnétiques et de capillarité.

De même que le mouvement en général se ramène à celui qui a lieu sous des forces cons-

[1] Voyez : H. Le Chatelier et G. Mouret. *Les Equilibres chimiques* ; 1re *partie : La Mécanique chimique* ; *principes fondamentaux*, dans la *Revue* du 28 février 1891, t. II, page 97.

[2] On peut encore énoncer ce principe sous la forme suivante où l'entropie n'intervient pas explicitement : *Toute transformation susceptible d'être accomplie spontanément dans un système isolé peut servir à transformer en travail, si elle est accomplie par voie reversible, une certaine quantité de chaleur empruntée à l'extérieur.*

tantes, de même toute transformation chimique peut se ramener à celle qui se produit sous tensions fixes. Mais un système chimique qui se transforme sous tensions fixes n'est pas un système isolé, et, pour appliquer le principe de Clausius, il faut tenir compte du système extérieur qui exerce les tensions fixes, et dont le volume, l'entropie et l'énergie peuvent varier quand le système chimique subit une transformation. Ce système, que l'on appellera *le milieu*, peut être d'ailleurs quelconque, et les raisonnements et résultats qui vont suivre sont indépendants de sa nature particulière.

Si donc l'on suppose un système chimique hors d'équilibre, abandonné à lui-même dans un milieu à tensions fixes, l'ensemble constitue un système isolé auquel s'applique le principe de Clausius, c'est-à-dire que la transformation chimique qui s'accomplira sera celle qui répond à une augmentation de l'entropie totale du système et du milieu.

Reste à évaluer cette augmentation ou plutôt une certaine énergie qui s'y trouve liée et qui est précisément l'énergie utilisable, comme on va le voir.

Afin de mieux faire saisir l'enchaînement des idées et l'esprit de la démonstration, reportons-nous d'abord à un cas simple et bien connu de la mécanique.

Quand un corps en mouvement se rapproche de la position d'équilibre stable, il y a, conformément à la première loi du mouvement de Newton, accroissement de sa vitesse, et par suite, augmentation de sa force vive. Si, au lieu de laisser le mouvement s'accomplir spontanément, on intervient pour rétablir l'équilibre, le corps accomplit un certain travail positif et son énergie initiale se trouve diminuée d'une égale quantité; le théorème des forces vives, ou si l'on veut, le principe de la conservation de l'énergie, nous apprend d'ailleurs que la quantité de travail mis en liberté, *dans ce déplacement réversible*, c'est-à-dire sans variation de vitesse, est égale à l'augmentation de force vive qui a lieu dans le mouvement spontané.

Dans la thermodynamique ou la mécanique chimique, le raisonnement reste sensiblement le même; il suffit de substituer à la vitesse et à la force vive les notions thermiques équivalentes, entropie et quantité de chaleur. Et si l'on se restreint par exemple au cas de la transformation chimique, on doit, au lieu de comparer des changements de position dans l'espace, comparer des changements d'état chimique.

Répétons donc le raisonnement précédent, avec ces notions différentes. Nous avons vu que quand le système passe spontanément d'un état chimique A à un autre état chimique B, l'entropie augmente; d'ailleurs, puisque le système et le milieu forment un ensemble isolé, l'énergie totale ne varie pas.

Mais on peut aussi faire subir à cet ensemble une transformation réversible qui amène le système chimique au même état final que par la transformation spontanée, sans qu'il en soit nécessairement, au reste, de même du milieu. En outre, de même qu'on peut faire passer le mobile de sa position initiale à sa position finale sans changement de vitesse, on peut, dans l'opération réversible accomplie sur le système et le milieu tout entiers, faire en sorte que l'entropie *totale* de l'ensemble ne varie pas.

Or l'état final de l'ensemble après la transformation à énergie constante, et l'état final après la transformation à entropie constante ne diffèrent que par l'entropie du milieu, puisque l'état final B du système est le même dans les deux cas. Mais on vient de voir que l'entropie totale du système et du milieu est plus grande dans le premier cas que dans le second; par suite l'entropie du milieu sera plus grande après la transformation spontanée qu'après la transformation réversible, et pour ramener, dans le premier cas, l'entropie à sa valeur primitive, c'est-à-dire pour revenir à l'état final de la transformation réversible, il faudra enlever au milieu une certaine quantité de chaleur, ce qui diminue d'autant l'énergie initiale. Ainsi donc le principe de Clausius, uni à celui de la conservation de l'énergie conduit à cette conséquence que *dans la transformation à entropie constante*[1] *l'énergie de l'ensemble a diminué* et que cette diminution d'énergie est égale à la quantité d'énergie correspondant à l'accroissement d'entropie totale, dans la transformation chimique. Cette conclusion n'est pas autre chose, en thermodynamique, que le théorème correspondant à celui des forces vives; on voit aussi que cette transformation réversible à entropie totale constante, est en thermodynamique l'équivalent du mouvement uniforme en mécanique. Puisque l'énergie, dans la transformation à entropie constante a diminué, c'est qu'une certaine partie de l'énergie initiale a été déplacée à l'extérieur, et il est facile de voir que cette énergie déplacée est précisément l'énergie utilisable qu'une machine théorique parfaite mettrait en liberté sous forme de travail.

En effet, pour extraire du système hors d'équilibre toute l'énergie susceptible de passer à l'extérieur, il faut évidemment procéder par voie réversible, sinon une certaine partie de l'énergie serait transformée en force vive, ou déplacée sous forme de chaleur, l'une et l'autre inutilisées; mais il faut de plus que l'agent extérieur, ou machine, qui intervient pour assurer la réversibilité, n'absorbe aucune part de l'énergie, et revienne par consé-

[1] Il est bon de remarquer que le volume total est aussi invariable.

quent à son état initial, car il ne sert que d'intermédiaire, et il doit être utilisé indéfiniment. Il est donc nécessaire que les échanges de chaleur effectués par cet agent entre le système et le milieu, pour maintenir l'équilibre thermique, se fassent par des cycles fermés, qui sont des cycles de Carnot; d'où il suit que les variations d'entropie du système et du milieu sont égales et de signes contraires, c'est-à-dire que l'entropie totale reste constante. Ainsi donc l'énergie mise en liberté par une telle machine, c'est-à-dire l'énergie utilisable est bien celle qui répond à une transformation à entropie constante. De la même manière, quand on utilise la force d'une chute d'eau par exemple, la vitesse de l'appareil doit être constante, et égale à la vitesse initiale.

On appelle *énergie potentielle*, ou simplement *potentiel* du système chimique, cette part de l'énergie totale qui varie dans la transformation réversible à entropie constante, et qui est, en mécanique, l'énergie de position. L'énergie utilisable est donc la variation de l'énergie potentielle, et le principe que nous venons d'établir peut s'énoncer en disant que dans toute transformation qui tend vers l'état d'équilibre stable, l'énergie potentielle diminue, et la diminution est compensée par une augmentation d'entropie (énergie actuelle) si la transformation est spontanée, par une énergie utilisable ou travail mis en liberté, si elle est réversible [1].

Quant à la valeur π du potentiel, elle s'exprime simplement en fonction de l'état du système chimique. Ce potentiel est en effet, par définition, la somme de l'énergie intérieure u du système chimique, et de l'énergie intérieure u_0 du milieu dans le changement réversible [2]; mais puisque le milieu conserve toujours les mêmes tensions t_0 et p_0, l'énergie u_0 varie proportionnellement aux variations de volume et d'entropie du milieu, et par suite aux variations de volume v et d'entropie s du système prises en signe contraire, car les unes et les autres sont égales en valeur absolue. On a donc :

$$u_0 = -(st - vp)$$

et par conséquent :

$$\pi = u - st + vp$$

C'est la fonction H' de M. Massieu, appliquée à la transformation chimique sous tensions fixes.

Grâce à cette notion du potentiel, le principe de Clausius peut s'exprimer simplement en disant que dans une *transformation* spontanée d'un système chimique dans un milieu à tensions fixes, le potentiel du système diminue. Il devient minimum quand l'équilibre stable est atteint, car, par définition, le système écarté de sa position d'équilibre stable y revient spontanément; dans le cas d'équilibre instable, le potentiel serait maximum; il est constant si l'équilibre est indifférent.

On peut donc énoncer les lois suivantes sur l'équilibre et le mouvement :

Critérium d'équilibre. — *Pour qu'un système chimique soit en équilibre, il faut et il suffit que l'on ait :*

$$du = tds - pdv$$

pour toute transformation quelconque infiniment petite du système.

L'énergie utilisable est, dans ce cas, un infiniment petit du second ordre, négatif, si l'équilibre est instable, positif, s'il est stable. Dans l'équilibre indifférent, cette quantité est du troisième ordre, ou bien nulle.

Loi du mouvement chimique. — *Quand un système chimique est hors d'équilibre, la transformation chimique qui s'accomplira, sans l'intervention d'énergie étrangère, à pression et température extérieures constantes, sera celle pour laquelle on a :*

$$du - tds + pdv < 0$$

c'est-à-dire que l'énergie utilisable est positive.

On peut déduire de ces expressions une formule intéressante parce qu'elle comprend la chaleur latente de réaction rapportée à l'unité de masse. Le principe de Joule nous fournit en effet la relation :

$$\mathrm{L}dm = du + pdv$$

dm étant la masse transformée, Ldm la chaleur *absorbée*. On peut donc écrire :

$$d\pi = \mathrm{L}dm - tds$$

quantité qui n'est pas nulle, quand le système est hors d'équilibre.

A l'état d'équilibre, car $d\pi$ est nul, on a :

$$\mathrm{L} = \frac{tds}{dm}$$

[1] Cette loi est absolument générale. Dans tout phénomène complexe, mécanique, thermique, électrique, chimique, le mouvement vers la position ou l'état d'équilibre stable est accompagné d'une transformation d'énergie potentielle (c'est-à-dire ne dépendant que de la position et du volume), en énergie actuelle (qui ne dépend que de la vitesse et de l'entropie). C'est ce qu'on peut appeler *la loi de transformation de l'énergie*, qui ne comprend comme cas particuliers le théorème des forces vives et le principe de Clausius.

[2] Le calcul du potentiel d'un système chimique suppose donc qu'il est possible, comme cela a lieu dans les systèmes mécaniques, de passer par voie réversible d'un état chimique hors d'équilibre à un état d'équilibre. Pour réaliser ce mode de changement, il suffit de faire varier les Tensions, sans laisser la transformation chimique s'accomplir, jusqu'à ce que l'équilibre soit établi, puis de ramener les Tensions à leurs valeurs primitives par voie de dissociation, c'est-à-dire en laissant les réactions s'accomplir librement. Soit, par exemple, le système $CaO + CO^2$ formé de chaux et d'acide carbonique; ce système est hors d'équilibre à la pression et à la température ordinaires; pour le ramener, par voie réversible, à l'état d'équilibre, on chauffera les deux corps séparément jusqu'à la température de 812° qui est la température de dissociation sous la pression atmosphérique, puis on mettra les corps en présence, et on laissera l'ensemble revenir à la température ordinaire. La chaux et l'acide se combineront alors pour former le système $CaO.CO^2$ en équilibre sous les Tensions ordinaires.

formule qui montre que la chaleur latente est proportionnelle, dans ce cas, à la variation d'entropie.

II

Energie chimique. — L'énergie utilisable d'une transformation infiniment petite d'un système à l'état d'équilibre a une expression simple. Soit un système à l'état d'équilibre chimique sous les tensions p et t du milieu. Faisons varier sa composition chimique, c'est-à-dire son degré de dissociation, d'une quantité dm; l'énergie utilisable du système écarté ainsi de sa position d'équilibre, dans le milieu à tensions p et t, a pour valeur :

$$du - tds + pdv$$

du, ds et dv, étant les variations correspondant à un changement de composition chimique du système *passant de la position d'équilibre à la position hors d'équilibre.*

Si maintenant le système, pris dans son état initial est placé dans un milieu dont les tensions $p + dp$, $t + dt$, sont égales aux tensions d'équilibre de l'état final, son énergie utilisable est égale à

$$- du + (t + dt) ds - (p + dp) dv.$$

Or ces deux énergies utilisables sont égales à un infiniment petit du second ordre, et par suite chacune est égale à la demi-somme des deux quantités précédentes, c'est-à-dire que l'énergie utilisable du système quand il est à un état infiniment voisin de l'état d'équilibre, a pour expression :

$$\varepsilon = \tfrac{1}{2}(dt.ds - dp.dv)$$

Dans cette formule dt et dp sont les variations des tensions de dissociation, et ds et dv sont les variations de volume et d'entropie uniquement dues à la transformation chimique à tensions fixes; toutes ces variations étant mesurées dans le sens suivant lequel on s'éloigne de la position d'équilibre.

Puisque la quantité ε est l'énergie utilisable du système amené à l'état hors d'équilibre chimique, c'est une quantité toujours positive si l'équilibre est stable. Dans ce cas, on peut donc écrire la relation suivante :

$$ds.dt - dv.dp > 0.$$

On peut mettre encore cette formule de dissociation sous une autre forme, plus directement applicable aux recherches chimiques. Désignons par L la chaleur latente *dégagée* et par N le travail *accompli* dans la transformation chimique qui s'effectue sous les tensions extérieures fixes p et t, quand les Tensions initiales du système sont $p + dp$ et $t + dt$.

On a

$$\mathrm{L}dm = tds \text{ (voir précédemment)}$$
$$\mathrm{N} = - pdv$$

et par suite l'*énergie chimique latente,* pour une variation de tensions dt, dp, a pour expression :

$$\frac{\varepsilon}{dm} = \frac{1}{2}\left(\frac{\mathrm{L}}{t}\, dt + \frac{\mathrm{N}}{p}\, dp\right)$$

quantité toujours positive, en sorte que la relation devient :

$$\frac{\mathrm{L}dt}{t} + \frac{\mathrm{N}dp}{p} > 0$$

Loi sur le sens des réactions réversibles. — Les données de la thermochimie font connaître les quantités de chaleur et de travail mises en jeu dans une transformation chimique s'accomplissant dans un sens déterminé, et les signes de ces quantités. Si d'autre part on se donne les variations dp et dt des tensions on voit que la formule

$$\mathrm{L}\,\frac{dt}{t} + \mathrm{N}\,\frac{dp}{p} > 0$$

permet de déterminer le signe des quantités L et N et par suite le sens de la transformation chimique qui s'accomplit sous l'action d'une variation donnée des tensions.

Quand une seule des tensions varie, on peut énoncer sous une forme très simple la loi sur le sens des transformations. Si en effet dans la formule ci-dessus on fait $dp = o$, ou $dt = o$, on obtient les relations suivantes :

$$\mathrm{L}dt > 0 \quad \text{ou} \quad \mathrm{N}dp > 0$$

c'est-à-dire que les signes de L et de N sont respectivement les mêmes que ceux de dp et de dt. On peut donc énoncer la loi suivante :

Quand un système chimique est en équilibre, si l'on augmente l'une des tensions, l'autre restant constante, la réaction chimique qui s'accomplit est celle qui se fait avec une absorption d'énergie latente de même espèce que celle de la tension qui a varié. Si cette énergie latente est nulle, la variation de tension est sans influence sur l'état chimique du système.

C'est ainsi qu'une augmentation de pression entraîne la réaction qui répond à une diminution de volume (fusion de la glace, transformation de l'iodure d'argent, dissolution du chlorure de sodium, précipitation du chlorhydrate d'ammoniaque, etc.); — qu'une élévation de température provoque une transformation avec absorption de chaleur (vaporisation, décomposition du carbonate de chaux, dissolution de l'hydrate de baryte, précipitation de l'hydrate de chaux, etc.).

Quand la chaleur latente est nulle, une variation de température ne trouble pas l'équilibre (dissolution de sulfate de chaux hydraté, vers 35°), et quand la transformation chimique s'accomplit sans changement de volume, l'état d'équilibre n'est pas modifié par une variation de pression (combinaison de l'iode et de l'hydrogène).

La loi de Lenz, l'effet Peltier sont des exemples d'application de cette loi dans le domaine de l'électricité.

Loi d'isodissociation. — En général, des variations simultanées de pression et de température modifient l'état chimique d'un système en équilibre. Mais si ces variations ont entr'elles un certain rapport, l'état chimique reste invariable. Il y a ce que l'on peut appeler isodissociation ; le système chimique, sans qu'aucune liaison intérieure s'oppose à la transformation chimique, se comporte cependant comme un système au repos.

Dans ce cas, l'énergie utilisable de transformation chimique est nulle et l'on a par conséquent la relation

$$L\frac{dt}{t} + N\frac{dp}{p} = 0$$

Cette formule d'isodissociation fait connaître la direction d'isodissociation, c'est-à-dire le rapport qui doit exister entre les variations de température et de pression, pour que le système conserve toujours le même état chimique [1].

Cette formule, établie d'abord pour les phénomènes de vaporisation, avait été étendue ensuite à la dissociation des systèmes à tensions fixes. On voit, comme l'un de nous l'avait déjà montré, qu'elle est absolument générale et applicable aux systèmes homogènes ; elle subsiste, d'ailleurs, même dans le cas où l'équilibre serait instable.

La formule d'isodissociation trouve des applications pratiques dans le calcul des variations des points de transformation des corps (fusion de la glace, transformation de l'iodure d'argent, etc.).

III

Les lois sur le mouvement chimique et sur la dissociation ont trait uniquement aux relations qui lient les tensions extérieures à l'état du système chimique considéré comme un tout. Mais un système chimique est un tout complexe, soit qu'on le considère comme formé par des éléments homogènes distincts, s'il est hétérogène, — soit, s'il est homogène, qu'on le considère comme constitué par des composés chimiques, engagés dans le mélange. Et il convient de rechercher les relations qui existent entre l'état des éléments constituants lorsque l'équilibre est établi, c'est-à-dire de définir les conditions d'équilibre intérieur.

On doit étudier d'abord l'équilibre des systèmes à tensions fixes, puis l'équilibre des systèmes homogènes, ceux-ci pouvant être ramenés à ceux-là.

Systèmes à tensions fixes. — Dans les systèmes à tensions fixes, l'état chimique de chaque élément libre homogène du système reste invariable, quelles que soient les modifications chimiques subies par le système. Or il est aisé de voir que si l'on convient de définir l'énergie et l'entropie d'un système de masse variable, mais à un état physique et chimique invariable, comme proportionnelles à la masse —, l'énergie, l'entropie, et par suite le potentiel d'un système à tensions fixes sont respectivement égaux à la somme des énergies, entropies et potentiels de ses éléments. Il suffit, pour qu'il en soit ainsi, que toutes ces quantités soient rapportées à un même état initial d'équilibre du système. Cette conclusion s'établit facilement quand l'état chimique du système varie sans que ses tensions varient, et aussi quand les tensions varient sans que l'état chimique soit modifié ; par suite elle est vraie pour une transformation réversible quelconque. Or, dans un système du genre de ceux que nous considérons, une transformation chimique réversible à tensions fixes, s'accomplit sans variation de potentiel. Donc, si les états limites sont des composés définis, le potentiel de chaque composé est le même. D'où cette loi que :

La condition nécessaire et suffisante d'équilibre intérieur d'un système à tensions fixes est que les potentiels des états opposés du système, rapportés à des masses égales, soient égaux.

Ainsi les potentiels de deux états différents d'une substance à son point de transformation, sont égaux, si l'on a soin de mesurer les entropies et l'énergie comme il vient d'être dit.

On tire de là le corollaire connu sous le nom de **Loi du point triple** : *lorsque deux corps ou systèmes chimiques font équilibre à un troisième système, ils se font équilibre entre eux.*

C'est ainsi que l'eau et la glace, à la température où leurs tensions de vapeurs sont égales, sont respectivement à leur point de fusion et de congélation, et les trois points de transformation se confondent en un seul, qui est le point triple. Pour l'eau, la température du point triple est très voisine de zéro. Dans les dissolutions salines, où le changement de volume dû à la dissolution est peu considérable, le point triple est aussi voisin du point de transformation.

Systèmes homogènes. — Pour appliquer la condition générale d'équilibre de minimum du potentiel aux systèmes homogènes de composition variable, il faut tenir compte des éléments engagés dans le mélange, et établir la relation qui doit exister entre la composition du système à l'état d'équilibre, et la valeur de son potentiel.

Or il est toujours possible de concevoir qu'on

[1] Pour tenir compte des changements d'état électrique, il faudrait ajouter, sans avoir rien à modifier aux démonstrations, le terme de $\frac{W\,de}{e}$, W étant l'énergie électrique de transformation chimique, et e la force électromotrice. On retrouverait ainsi la formule des piles, établies par le Professeur von Helmholtz.

puisse passer *par voie réversible* d'un état initial homogène A à un état final hétérogène B qui ne diffère de l'état initial, qu'en ce qu'une masse infiniment petite dm, de l'un des éléments, a été isolée du système homogène. Pratiquement, cette transformation réversible peut s'accomplir par osmose, liquéfaction, cristallisation; il est facile ensuite d'imaginer des liaisons s'opposant au mélange de la masse séparée dm ou même simplement de l'isoler complètement du système B'.

Il est évidemment possible, dans ce cas, de donner à la masse dm des tensions t et p, telles que le potentiel de l'ensemble hétérogène formé du système B' pris sous les mêmes tensions que le système A, et de cette masse dm, soit égal au potentiel du système A. Rien ne s'oppose alors à ce qu'on définisse l'état de l'élément engagé dans le système homogène par l'état de la masse infiniment petite isolée, satisfaisant à cette condition. De cette manière, le potentiel total n'a pas varié dans la transformation réversible, et le potentiel de l'élément engagé dans le mélange, potentiel rapporté à l'unité de masse, est égal à celui du système. Grâce à ces conventions, les transformations infiniment petites d'un système homogène sont soumises à la même loi que celles des systèmes à tensions fixes, et cette loi peut s'appliquer dès que l'expérience a permis de mesurer les tensions t et p, qui caractérisent l'état de l'élément considéré.

Il est d'ailleurs à remarquer que la condition qu'on s'est imposée ne suffit pas pour définir complètement ces tensions, et qu'il faut y ajouter une autre condition. Du choix de cette condition dépend la simplicité des formules et des lois.

Loi de l'action de masse. — Si, par exemple, l'on admet que la température de la masse isolée reste la même que celle du système homogène, on a pour la condition d'équilibre, en procédant comme on l'a déjà fait pour établir la formule d'isodissociation, la relation :

$$L\frac{dt}{T} + \sum (v_1 - v_2)\, dp = 0$$

où L est la chaleur latente de réaction à tensions fixes correspondant à un changement chimique dm; — $(v_1\text{-}v_2)$ les changements de volumes de chaque corps isolé, mesurés sous des tensions individuelles p et t, qui résultent du changement chimique dm, — dp les variations de pression qu'il faut faire subir à chaque corps isolé pour maintenir l'égalité du potentiel du système des corps isolés et du mélange quand la pression ou la composition de ces derniers varie.

Cette formule, établie dans le cas où la masse des éléments en présence est invariable et où leur état de combinaison seul varie, est encore exacte pour le cas où la masse des éléments varie ; cela résulte de ce que l'on peut, après avoir isolé du mélange un certain nombre de corps, faire varier leur masse sans troubler l'état d'équilibre du système total.

Dans les cas particuliers des mélanges de gaz parfaits, on verrait aisément que les pressions à attribuer à chaque gaz composant sont celles qu'ils auraient s'ils occupaient le volume total du mélange.

En attribuant cette valeur à la pression, on trouve pour la condition d'équilibre des systèmes formés de gaz parfaits, la relation :

$$L\frac{dt}{t} + N\frac{dp}{p} + Rt\sum n\frac{dc}{c} = 0$$

dans laquelle R est la constante des lois de Mariotte et de Gay-Lussac déterminée par la formule :

$$pv = Rt$$

et rapportée à une molécule du gaz.

n, le nombre de molécules de chacun des gaz qui apparaît ou disparaît par le fait de la réaction dégageant les énergies latentes L et N.

c, le rapport du volume de chaque gaz au volume total du mélange, volumes mesurés l'un et l'autre sous les mêmes tensions.

Loi du point triple. — La possibilité d'isoler ainsi les divers éléments d'un mélange par voie réversible, permet également d'étendre à ce système la condition d'égalité des potentiels des états opposés d'un système en équilibre, et par suite la loi du point triple, déjà établie pour les systèmes à tensions fixes.

Cette loi du point triple, étendue aux systèmes homogènes, comporte des applications pratiques nombreuses et importantes. Par exemple, dans un système complexe formé de vapeur d'eau, acide carbonique, hydrogène et oxyde de carbone, la condition d'équilibre pourra être déduite des lois de la dissociation de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, pris isolément.

IV

Résumant les applications des principes de la Thermodynamique, on peut énoncer les lois générales suivantes, qui régissent les transformations des systèmes chimiques quelconques :

1. La transformation chimique qui s'accomplit à tensions fixes, sans l'intervention d'énergies étrangères autres que celles échangées avec le milieu est celle qui répond à une diminution de potentiel, quantité exprimée par la formule

$$\pi = u - st + vp$$

où u, s, et v, sont l'énergie intérieure, l'entropie et le volume du système, t et p la température et la pression du milieu.

2. Pour qu'un système chimique soit en équilibre, il faut et il suffit que le potentiel soit minimum, maximum ou constant.

3. Quand les tensions de dissociation varient de dp et dt, la transformation qui s'accomplit est celle pour laquelle l'énergie utilisable chimique est positive, c'est-à-dire celle pour laquelle on a la relation :

$$L \frac{dt}{t} + N \frac{dp}{p} > 0$$

où L et N sont les énergies de transformation chimique, chaleur latente et travail, p et t les tensions.

En particulier : si la pression seule augmente, la température restant constante, la transformation chimique qui s'accomplit est celle qui comporte une contraction de volume ; — si la température augmente, la pression restant constante, la transformation chimique est celle qui se fait avec absorption de chaleur ; — si la chaleur latente est nulle (ou si la réaction se fait sans changement de volume), une variation de température (ou une variation de pression) est sans action sur l'état chimique du système.

4. Pour qu'il y ait isodissociation, c'est-à-dire pour que les variations simultanées des tensions de dissociation ne puissent pas modifier l'état chimique du système supposé libre de toute liaison, il faut que ces variations satisfassent à la relation

$$L \frac{dt}{t} + N \frac{dp}{p} = 0.$$

5. Pour qu'un système chimique homogène ou à tensions fixes soit en équilibre, il faut, et il suffit, que les potentiels de ses éléments, rapportés à l'unité de masse, soient égaux.

De là s'ensuit que deux systèmes chimiques qui font équibre à un troisième et qui sont susceptibles de passer de l'un à l'autre, se font équilibre entre eux.

Ces lois, en y joignant celle qui a trait à l'action de masse dans les systèmes homogènes, représentent tout ce que l'on peut tirer des principes généraux de la thermodynamique dans les applications chimiques. Mais elles ne suffisent évidemment pas pour déterminer d'une façon complète les conditions des réactions. Il existe sans aucun doute des principes expérimentaux spéciaux à la chimie qui achèvent de définir ces conditions ; mais ces principes sont encore complètement inconnus, et en dehors de la loi des tensions fixes, nous n'en connaissons que quelques cas particuliers (lois des gaz parfaits). Il reste donc encore, au double point de vue expérimental et théorique, beaucoup à faire dans le domaine de la mécanique chimique pour rendre, au moins dans une certaine mesure, cette science comparable, par ses méthodes, à la mécanique rationnelle.

H. Le Chatelier,
Ingénieur en chef des Mines.

G. Mouret,
Ingénieur des Ponts et Chaussées.

L'ŒUVRE DU NIVELLEMENT GÉNÉRAL DE LA FRANCE

Les nivellements généraux se multiplient de plus en plus sur la surface de l'Europe, on pourrait même dire du monde, puisque le Japon lui-même a commencé sa triangulation depuis cinq ou six années. Mais, fiers à juste titre de l'exemple que nous avons donné, nous ne devons point laisser oublier que c'est la France qui a ouvert la voie aujourd'hui universellement suivie.

Il n'est point nécessaire d'insister sur l'urgence de connaître exactement le relief du sol pour l'étude comme pour la construction des voies de communication, l'aménagement des eaux, la défense du territoire. De toute obligation des nivellements spéciaux doivent être exécutés pour les divers travaux de l'art de l'ingénieur. Il faut au point de départ une base à ces nivellements spéciaux, et le nivellement général de tout un pays a précisément pour but de fournir une base certaine, de faciliter ainsi ces études, d'en assurer l'exactitude.

Le premier nivellement d'ensemble de la France fut confié à l'ingénieur Bourdaloüe : c'est lui-même qui, après avoir doté le département du Cher d'un nivellement général, avait proposé d'entreprendre un travail semblable pour chacun des départements ; il s'était déjà fait connaître par des perfectionnements notables apportés aux instruments comme aux méthodes de nivellement. C'était un travail énorme qu'il entreprenait.

Un nivellement général doit comprendre une triple opération : 1° Établissement d'un réseau principal de lignes *de base*, tracées de façon à pénétrer dans tous les départements et procurant pour les nivellements ultérieurs des repères rapportés à une même surface du niveau ; 2° établissement de réseaux secondaires dans les grands compartiments formés par les lignes de base ainsi tracées ; — 3° enfin nivellements de détail. De 1857 à 1864 Bourdaloüe terminait la première partie de ce travail : les lignes de base avaient un développement de 14.980 kilomètres, suivant les principaux fleuves, les canaux navigables, les grandes lignes de chemins de fer, reliant entre eux tous les chefs-lieux de département de la France continentale ; le tracé en était indiqué par des repères immuables portant

d'ordinaire l'altitude inscrite, la distance entre deux repères consécutifs étant environ de 1 kilomètre.

Chacune des lignes principales était parcourue et nivelée trois fois par deux opérateurs observant indépendamment l'un de l'autre. On se servit exclusivement de grands niveaux à bulle et à lunette, en procédant par visées horizontales, avec une portée de coup de niveau de 125 à 130 mètres; on faisait usage de mires parlantes divisées en parties de 0m02 de hauteur; l'objectif de la lunette avait une longueur focale de 0m48; enfin les niveaux, relativement très sensibles, donnaient de 3″ à 7″ par millimètre de course de la bulle, permettant d'apprécier 1″ d'inclinaison. On avait obtenu des résultats d'une précision inespérée pour cette époque; les divers polygones formés par les lignes du réseau se fermaient avec de très petits écarts, et l'on pouvait être autorisé à conclure qu'aucune des altitudes obtenues n'était affectée d'une erreur dépassant trois centimètres.

Les résultats obtenus par Bourdalouë avaient été réunis en un volume spécial les présentant par département. Mais notons un point intéressant : toutes les altitudes relevées par Bourdalouë ont été rapportées au *niveau moyen* d'abord de l'Océan à Saint-Nazaire, puis de la Méditerranée à Marseille. Cette mer n'a que des mouvements peu sensibles, et l'on a été conduit à prendre comme niveau moyen la surface du niveau passant à 0m40 au-dessus du 0 de l'échelle des marées à Marseille.

Mais les résultats obtenus par Bourdalouë avaient besoin d'être complétés; puis, tels sont les progrès de la science que l'on pouvait, quatorze ans à peine après les travaux si remarquables de cet ingénieur, légitimement aspirer à une précision bien plus grande dans le nivellement. Aussi, en 1878, une Commission était-elle nommée pour arrêter les bases d'un nivellement général de la France répondant mieux aux besoins, en rapport avec l'état actuel de la science. Cette Commission fontionne par l'intermédiaire d'un Comité émané de son sein et composé d'autorités scientifiques, MM. Cheysson, Goulier, Durand-Claye, Prompt, Lallemand [1].

D'après le programme de 1878, le nivellement doit s'étendre à tout le territoire, de manière à fournir 12 à 15 points de repère parfaitement définis par commune, permettant l'établissement de cartes à grande échelle indiquant le relief du sol dans tous ses détails. Les opérations ont été réparties en trois ordres, et on a établi pour chaque ordre la nécessité d'une précision différente. On doit obtenir : 1° Un réseau de premier ordre, ou *réseau fondamental*, d'un développement de 12.000 kilomètres environ, composé de lignes se recoupant pour former des polygones de 400 à 500 kilomètres de contour chacun; pour ce réseau il faut la plus grande précision qu'il soit possible d'atteindre, justement parce qu'il est fondamental. 2° Un réseau de deuxième ordre ou *intercalaire*, de 800.000 kilomètres environ de développement; il embrasse les cours d'eau, les voies de communication, comme avait fait Bourdalouë; les lignes en sont transversales et s'appuient sur le réseau fondamental. Bien entendu, une exactitude moins rigoureuse est suffisante ici. 3° Pour définir complètement la configuration du sol, on relèvera une série de *courbes de niveau* rattachées aux deux réseaux et suffisamment rapprochées.

La France se trouve divisée, pour l'établissement du réseau fondamental, en 43 polygones, désignés chacun par une lettre; chacun des côtés communs à deux polygones forme une section du réseau fondamental, et cette section est désignée par les deux lettres représentant les deux polygones adjacents. Avant toute opération, on scelle les repères fixes aux endroits qu'ils doivent occuper; on intercale du reste des repères provisoires entre les repères définitifs, généralement éloignés de 500 à 1.000 mètres. Le nivellement de chaque section est fait deux fois en sens inverse, aller et retour, les opérations d'une même journée étant limitées à une section. Au début ou à la fin d'une section aboutissant à d'autres sections antérieurement nivelées, ou à la rencontre d'une ligne appartenant au réseau Bourdalouë, on rattache les nouvelles opérations aux anciennes, en recommençant le nivellement entre deux ou plusieurs des repères anciens les plus proches, pour contrôler leur invariabilité depuis leur scellement.

Puis les résultats sont soumis à un travail de bureau, à des calculs pour vérifier l'exactitude des opérations; on recommence le nivellement qui a fourni des différences partielles de niveau à l'aller et au retour, entre deux repères consécutifs, ne concordant pas suffisamment.

Les repères employés diffèrent complètement, quant à leur forme, des repères actuellement en usage et notamment de ceux du nivellement Bourdalouë. Ceux-ci avaient la forme d'un cylindre en fonte peinte à génératrices horizontales, faisant une légère saillie sur le plan des murs où ils sont scellés, et portant dans leur milieu un peu évidé la cote d'altitude. Les nouveaux repères se composent d'une console en bronze ou en fonte oxydée, faisant une forte saillie sur les murs; au-dessus et plaqué contre le mur est une tablette verticale en fonte. La

[1] Ministère des Travaux Publics. Nivellement général de la France. — Réseau fondamental. — Répertoire graphique définissant les emplacements et altitudes des repères. — 1er Livraison Opérations effectuées sous la direction de M. Lallemand, président de la Commission du nivellement pendant les campagnes de 1884, 1885 et 1886. — Un volume grand in-4°, 32 grandes planches, Marchadier et Cie, 150, rue de Lafayette.

console porte une pastille en forme de calotte sphérique, et la mire trouve ainsi un point d'appui fixe; la cote correspond à un point bien déterminé, le sommet de la calotte; la pastille est assez éloignée de la paroi pour que la mire puisse être tenue verticalement, le milieu du talon correspondant au sommet de la pastille. Deux cavités ménagées, l'une sur la face antérieure de la console, l'autre sur la tablette verticale appuyée contre le mur ou la construction en général où est scellé le repère, sont destinées à recevoir des plaques de porcelaine où seront inscrits, d'une part le *matricule* du repère, composé à la fois de l'ensemble des lettres définissant la section à laquelle il appartient, et du chiffre indiquant sa place dans cette section; d'autre part l'altitude du sommet de la pastille. La tige en T de ces repères est scellée au ciment dans les parois verticales de constructions solides, immuables par leur nature. Outre ces repères principaux, on place, sur le seuil de certains bâtiments et sur les plinthes des ouvrages d'art, des repères secondaires formés de simples rivets en bronze.

Les niveaux employés aux opérations sont du type connu sous le nom de niveaux *à fiole indépendante*, avec quelques améliorations spéciales, notamment au pied; le pivot de l'instrument peut être plus aisément amené dans la verticale. Pour perfectionner le niveau à bulle d'air, on y a simplement ajouté quatre prismes isocèles rectangles à réflexion totale, servant de miroirs, et renvoyant à l'œil de l'observateur placé près de l'oculaire l'image des extrémités de la bulle d'air et des divisions correspondantes de la fiole; l'observateur vérifie ainsi lui-même, sans déplacement, l'exactitude du calage de la fiole. Les mires sont du système *compensateur*, permettant de connaître à tout moment la longueur réelle de la mire et, par suite, la valeur rigoureusement exacte des lectures faites; la longueur de la mire peut varier de plusieurs centimillimètres par mètre.

Au 31 décembre 1889, la longueur totale nivelée des lignes du réseau fondamental était de 7.945 kilomètres. Aujourd'hui près des 2/3 du réseau fondamental sont achevés, et l'on peut en espérer l'achèvement complet pour 1892; il reste le travail à faire sur 4.355 kilomètres.

La précision obtenue est à peu près triple de celle des opérations de Bourdaloué; l'erreur accidentelle probable est de $0^{m}001$ par kilomètre, en moyenne. L'erreur systématique probable ne dépasse nulle part $0^{mm}3$ par kilomètre.

Le nouveau réseau fondamental est dès à présent relié avec le nivellement suisse à la Cure et Annemasse, avec le réseau italien à Vintimille, avec le nivellement espagnol aux deux extrémités de la chaîne des Pyrénées, à Hendaye et au col de Perthus; enfin les rattachements sont faits avec la Belgique à Baisieux et Blanc-Mineron. D'autres rattachements sont préparés à Ghyneld, Givet, Mont-Saint-Martin, Ars-sur-Moselle, Avricourt, Petit-Croix, Delle, Morteau, Bardonnèche, Mont-Genèvre, enfin Bomport en pleines Pyrénées.

Les nouvelles opérations ne coûtent que 32 francs par kilomètre, tandis que le kilomètre des opérations de 1857-64, revenait à 50 francs.

Le réseau fondamental nouveau croise déjà le réseau Bourdaloué en un grand nombre de points, et des comparaisons ont pu facilement s'établir. Pour la partie du réseau terminé au 1er janvier 1888, M. le colonel Goulier a rapproché les altitudes anciennes et nouvelles des repères communs aux deux réseaux; et il a mis en relief une discordance qui, avec quelques alternatives, va en croissant de Marseille à Lille; à Marseille, elle est de $0^{m}07$, simplement égale à la différence des niveaux de comparaison des deux réseaux; à Lille, elle atteint environ $0^{m}80$.

Depuis 1877 est institué un Service de conservation des repères confié aux ingénieurs des Ponts et Chaussées; ce Service a eu à faire remplacer ou reposer 930 repères; enfin il a été publié deux éditions des rectifications au catalogue des repères Bourdaloué, l'une en 1881, l'autre en 1888.

Le nouveau service du nivellement (nous disons nouveau par rapport à Bourdaloué), publie tout naturellement, lui aussi, un Recueil de ses travaux, un catalogue des altitudes trouvées, des repères posés, sous la forme d'un répertoire graphique : ce répertoire est constitué par un plan itinéraire du nivellement reporté sur des feuilles successives : chaque repère est figuré à sa place sur ce plan par un point accompagné du matricule du repère; dans la marge, des croquis représentent le profil du repère, l'élévation du bâtiment qui le porte et la position qu'il y occupe; le premier volume de ce nouveau répertoire vient de paraître.

Ce rapide aperçu aura suffi, nous l'espérons, à donner une haute idée de l'œuvre accomplie et du programme qu'on se propose de remplir complètement : la France qui s'est mise à la tête des nations dans le mouvement en faveur des nivellements généraux, qui la première a heureusement accompli le sien avec l'ingénieur Bourdaloué, la France a su conserver sa place; elle peut être fière du développement qu'ont pris les nivellements de précision en Europe, puisqu'elle en a été l'initiatrice.

C. X...

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Mangeot M.-S. — **De la symétrie courbe.** — *Thèse soutenue devant la Faculté des Sciences de Paris le 22 janvier 1891. Gauthier-Villars et fils.*

En géométrie élémentaire on étudie les figures symétriques par rapport à un axe, par rapport à un point ou par rapport à un plan. Deux figures symétriques par rapport à un axe *sont égales;* il n'en est pas de même, en général, de deux figures symétriques par rapport à un point ou un plan : ces figures ont leurs éléments de volumes, surfaces et longueurs *équivalents*, mais *autrement disposés*.

M. Mangeot étend cette notion de symétrie de la façon suivante : Soit une surface S donnée; deux points sont appelés symétriques par rapport à cette surface quand la droite qui les joint est normale à S et divisée par elle en deux parties égales. Deux figures sont dites symétriques par rapport à la surface S, quand leurs points sont deux à deux symétriques par rapport à S : on suppose, dans cette définition, que si deux points de l'une des figures sont infiniment voisins, on choisit comme normales issues de ces deux points deux normales infiniment voisines, de telle manière que les deux points symétriques soient aussi voisins. On retrouve évidemment les trois modes élémentaires de symétrie en supposant que la surface S se réduise à un axe, un point ou un plan.

M. Mangeot est naturellement conduit à deux problèmes principaux :

1° Etant donnée une figure, trouver ses surfaces de symétrie, certaines de ces surfaces pouvant, bien entendu, se réduire à des lignes droites ou courbes, ou même à des points.

2° Etant donnée une surface, étudier les propriétés des figures symétriques par rapport à cette surface.

Le premier problème est résolu par M. Mangeot, pour les courbes et surfaces du second ordre, à l'aide de formules simples dont quelques-unes avaient déjà été obtenues par Monge : comme application, l'auteur détermine, parmi les surfaces de symétrie d'une quadrique, celles qui sont algébriques, celles qui sont réglées, celles qui sont d'étendue minimum; ces dernières ne peuvent exister que si la quadrique est une surface de révolution ou un cylindre parabolique.

Dans le deuxième problème, l'étude des figures symétriques par rapport à une surface donnée S, l'auteur a principalement porté son attention sur les cas dans lesquels certains des éléments des deux figures symétriques, éléments de longueurs, de surfaces ou de volumes sont *équivalents*. Lorsque cette condition est remplie, M. Mangeot dit qu'il y a symétrie *matérielle* pour les lignes, les aires, ou les volumes. Envisagé à ce point de vue, le problème a de nombreux points de contact avec la théorie *des déblais et des remblais* des lignes, aires ou volumes. L'auteur se trouve ainsi amené à traiter incidemment certaines questions de la théorie des déblais et des remblais, par exemple à rechercher les surfaces dont les normales découpent des aires équivalentes sur un cylindre de révolution; la détermination de ces surfaces se ramène à l'intégration d'une équation linéaire aux dérivées partielles, identique à son adjointe, que l'on peut intégrer par la méthode de Riemann, comme l'a déjà montré M. Boussinesq. Pour donner une idée de la nature des théorèmes établis dans cette seconde division de la thèse, nons citerons le suivant dont Steiner et M. Goursat avaient indiqué une partie : *Soit S une surface d'étendue minimum ; il est possible de construire, d'une infinité de façons, deux figures continues, symétriques par rapport à cette surface et présentant la symétrie matérielle dans toutes leur parties, volumes, faces et arêtes* : cette proposition confirme, sous le point de vue de la symétrie, l'analogie bien connue entre le plan et les surfaces d'étendue minimum.

P. Appell.

Thomæ (Johannes), *in Jena.* — **Abriss einer Theorie der functionen einer complexen Veranderlichen und der Thetafunctionen.** *Dritte, erheblich vermehrte Auflage. Mit in den Text eingedruckten Holzschnitten und 1 lithogr. Fsgurentafel. Halle a. S.* 1890; *Verlag von Louis Nebert grand in-4° de 144 pages.*

La troisième édition de l'*esquisse d'une théorie des fonctions d'une variable complexe et des fonctions Theta* que vient de publier M. Thomæ diffère sur plus d'un point de celles qui l'ont précédée; certaines parties, devenues tout à fait classiques, presque élémentaires, ont été réduites, tandis que les fonctions doublement périodiques et les intégrales elliptiques sont traitées avec un plus grand développement.

Sous sa nouvelle forme l'ouvrage du savant professeur de l'Université d'Iéna s'adresse spécialement à ceux qui ont déjà des connaissances assez étendues sur ces matières; ce n'est pas un livre destiné à initier les débutants; mais, sous sa forme concise, il rendra de grands services à ceux qui, ayant des notions exactes sur les fonctions elliptiques, voudront connaître les propriétés fondamentales des fonctions théta.

Après avoir rappelé dans un premier chapitre les propositions indispensables à posséder de la théorie des fonctions, M. Thomæ aborde les fonctions doublement périodiques, puis il examine successivement les intégrales de première, de deuxième et troisième espèces. L'ouvrage se termine par une collection de formules qui lui donnent nettement un caractère pratique; c'est d'ailleurs ce caractère que l'auteur a cherché certainement à réaliser et qui constitue l'utilité de sa publication à côté des œuvres considérables et nombreuses que l'on possède sur ce sujet.

L. O.

Caspari (M. E.), *secrétaire.* — **Congrès international de Chronométrie.** — *Comptes rendus des travaux, procès-verbaux, rapports et mémoires, publiés sous les auspices du bureau du Congrès, Gauthier-Villars et fils,* 55, *quai des Grands-Augustins, un vol. grand in-4° de* 213 *pages*, 1890, 7 *fr.* 50

Le Congrès international de Chronométrie qui, à l'occasion de l'Exposition Universelle, s'est réuni à l'Observatoire de Paris le 7 septembre 1889, a tenu, sous la présidence du regretté Phillips, six séances fort importantes pour les progrès de la Chronométrie ; les comptes rendus qui viennent de paraître en font foi. Nous ne pouvons songer à donner ici une appréciation détaillée de tous les Mémoires qu'ils contiennent et nous devons nous contenter d'en énoncer les titres :

Note sur l'horlogerie à l'Exposition de 1889, par M. Paul Garnier. — Rapport sur la question : construction des pièces chronométriques par M. Ernest Antoine. — Sur la production mécanique en chronométrie, par M. Rodanet. — De la compensation des températures dans les thermomètres, par Phillips. — Rapport sur les perturbations et le réglage des chronomètres, par M. Caspari. — Note complémentaire sur l'isochronisme, par M. Caspari. — Sur la construction et le réglage des chronomètres et montres de précision, par M. Rozé. —

Etude sur les programmes des concours pour l'acquisition des chronomètres, par M. Rollet de l'Isle. — Expériences et observations sur les chronomètres de la marine néerlandaise, par M. le Dr Kaiser. — Sur les variations dans la marche des chronomètres en dépendance des changements dans l'amplitude des oscillations du balancier par M. Nyrén. — Sur l'emploi des chronomètres à la mer et les perturbations de leurs marches, par M. Aved de Magnac. — Sur l'emploi et les variations des chronomètres à la mer, par M. Mouchez. — Note sur la méthode chronométrique, par M. Serres. — Sur le réglage des balanciers de chronomètres et la synchronisation, par M. Cornu. — Exposé sommaire des travaux qui ont été faits à l'Observatoire de Paris pour le réglage électrique des horloges, par M. Wolf. — Le Téléchronomètre, par M. Ungerer. — Sur l'entraînement du support par le pendule en mouvement, par M. le Comm. Defforges. — Chronographe astronomique, Régulateur isochrone, Plume enregistrante, par M. Richard. — De la mesure de la vitesse. Nouveaux indicateurs absolus par M. Richard.

J. Poulet.

2° Sciences physiques.

Guebhard (le Dr Adrien). **L'auréole photographique.** (*Moniteur de la photographie*, 1er *août* 1890.)

Depuis qu'elle a été magistralement traitée par M. Cornu [1], la question de l'auréole ou du halo photographique paraît être d'une extrême simplicité, et l'on s'étonne volontiers des longs tâtonnements que sa solution complète a exigés. La lecture du très intéressant mémoire du Dr Guebhard, l'un des premiers qui s'occupa de cette question, nous renseigne abondamment sur ce point. Attaquant le problème par le procédé purement empirique, il établit d'abord les faits suivants : L'auréole se produit seulement sur les plaques de verre, et jamais sur le papier sensible employé comme négatif ; on l'observe dans la photographie sans objectif ; par conséquent sa cause unique doit être cherchée dans la plaque. L'auteur était dans la bonne voie, en ce qui concerne les causes du phénomène, lorsque parut le mémoire où M. Cornu en indiquait en même temps le remède.

M. Guebhard nous révèle que, outre les frères Henry, un astronome anglais de grand mérite, le capitaine Ahey avait aperçu, il y a déjà une quinzaine d'années, la véritable raison du halo, qu'il nomme « irradiation photographique » et avait indiqué le moyen de le diminuer, sans cependant le supprimer complètement.

Ch. Ed. Guillaume.

Richardson (E). — **Le poids spécifique d'un liquide considéré comme fonction de son point d'ébullition et de son poids moléculaire.** *Chemical News*. 30 *janvier* 1891.

Le point d'ébullition d'un liquide a une certaine relation avec son poids moléculaire. Ceci s'observe nettement dans les séries homologues de la chimie organique, où une élévation constante du point d'ébullition correspond à une augmentation constante dans le poids moléculaire. Mais entre le poids spécifique et le point d'ébullition ou le poids moléculaire, aucune relation nette n'a été observée. Cela ne prouve pas qu'il n'en existe point, et peut résulter de ce fait que la comparaison a été faite dans des conditions défavorables. M. Richardson a eu l'idée de comparer la température d'ébullition des liquides à la température à laquelle, par suite de la dilatation, leur poids spécifique deviendrait égal à l'unité.

En calculant les températures auxquelles le poids spécifique devient égal à l'unité d'après les tables de densités et de dilatations du professeur Thorpe [2], M. Richardson est arrivé aux conclusions suivantes, qu'il ne donne que comme une première indication sur les relations possibles :

1° La température à laquelle le poids spécifique est égal à l'unité croit régulièrement quand le poids spécifique du liquide augmente.

2° Les nombres obtenus en divisant cette température par le poids moléculaire varient relativement peu. Beaucoup d'entre eux sont très voisins de 2. Il est probable que l'examen d'un très grand nombre de liquides permettrait de les séparer en un certain nombre de classes, chacune d'elles conduisant à une valeur déterminée de ce rapport.

3° Le même fait s'observe si l'on examine les valeurs du rapport des températures absolues d'ébullition et de poids spécifique égal à l'unité.

Ce ne sont là que des approximations, même assez lointaines, mais étant donnée la grande variété des liquides examinés, on peut espérer déduire de ce mode de recherche des relations intéressantes.

Georges Charpy.

Heumann (Karl). — **Nouvelle synthèse de l'indigotine.** *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, 1890, *page* 3043.

M. Baeyer, dans le cours de ses remarquables recherches sur l'indigotine et ses dérivés, a montré que certains modes de production de ces composés conduisent à admettre l'existence d'un corps intermédiaire, qu'il a nommé *pseudo-indoxyle* et auquel il attribue la formule suivante :

$$C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} AzH \\ CO \end{matrix} \right\rangle CH^2.$$

Quand on essaie de mettre ce composé en liberté, il se transforme immédiatement en son isomère l'indoxyle :

$$C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} AzH \\ COH \end{matrix} \right\rangle CH.$$

L'auteur a cherché à obtenir ce pseudo-indoxyle par déshydratation interne du phénylglycocolle :

$$\begin{matrix} C^6H^4 - AzH - CH^2 - CO\,\boxed{OH} \\ H \end{matrix} = C^6H^4 \left\langle \begin{matrix} AzH \\ CO \end{matrix} \right\rangle CH^2 + H^2O.$$

L'emploi de substances déshydratantes telles que le chlorure de zinc, l'acide sulfurique concentré, etc., n'a donné que des résultats négatifs ; au contraire les alcalis caustiques semblent conduire au but, bien que l'on n'ait pas isolé le corps en question, mais seulement son produit d'oxydation, l'indigotine. Voici comment il convient d'opérer pour préparer synthétiquement cette importante matière colorante.

On fond à l'abri du contact de l'air une partie de phénylglycocolle avec 2 parties de potasse caustique ; dès la température de 260° la masse se colore en jaune : en prélevant de petites quantités de matière et les projetant dans l'eau, on arrive à un moment où l'on obtient à la partie supérieure du liquide une pellicule bleu foncé avec des reflets rouge cuivre : c'est l'indigotine. Quand ce point est atteint, il faut interrompre rapidement l'action de la chaleur pour ne pas décomposer le corps qui fournit l'indigo.

En faisant dissoudre dans l'eau le produit de la fusion à l'abri du contact de l'air, on obtient une cuve jaune qui se change lentement à l'air en indigo ; si l'on agite la masse au moyen d'un courant d'air la transformation est plus rapide et il se dépose un volumineux précipité d'indigo.

Jusqu'à ce jour l'indigotine n'a pas été préparée industriellement par synthèse : il semble que les recherches de M. Heumann sont appelées à combler cette lacune ; car le brevet pris par l'auteur a été acheté par

[1] Voyez sur ce même sujet l'article de MM. Lumière dans la *Revue* du 30 sept. 1890, page 568.

[2] Journal of Chemical Society, 1880.

une fabrique, bien connue, de matières colorantes : « Die Badische Anilin und Sodafabrik, in Ludwigshafen a. Rh. »

H. Gautier.

Conférences faites au laboratiore de M. Friedel. (2e *fascicule.*) *Un vol. in-8° de* 190 *pages* (5 *fr.*), *Georges Carré, éditeur*, 58, *rue Saint-André-des-Arts. Paris*, 1891.

A une époque où il est si difficile de se tenir au courant des progrès incessants de la chimie, on doit accueillir avec beaucoup d'intérêt toutes les publications où se trouvent condensés et systématisés les résultats les plus récents relatifs à une question à l'ordre du jour. En évitant des recherches bibliographiques, presque toujours fatigantes et difficiles, on gagne ainsi un temps précieux.

Tels sont précisément les avantages qu'on peut retirer de la lecture de chacune des conférences publiées dans le recueil que nous signalons aujourd'hui à l'attention des chimistes.

Le volume qui vient de paraître n'est que la suite de celui dont il a déjà été question dans cette *Revue*[1]. Nous n'avons donc pas à le présenter au lecteur. La variété des sujets traités ne laisse rien à désirer. On y trouvera des conférences de MM. Chabrié *sur les relations entre la composition chimique et la tension superficielle des corps;* Béhal, *sur les dérivés azoïques et sur les oximes*, Patein, *sur les sulfines*, Auger, *sur les migrations moléculaires*, A. Combes, *sur les dicétones*.

Il est presque inutile d'ajouter que tous ces travaux se font sous le haut patronage scientifique d'un maître éminent, aimé et vénéré de tous. C'est la meilleure garantie du succès de cette publication, qui, nous n'en doutons pas, sera très favorablement accueillie dans le monde des chimistes.

Ph. A. Guye.

Berther (A.). — **L'Iconogène** (1 *fr.*) *J. Michelet*, 25, *Quai des Grands-Augustins, Paris*, 1890.

Sous ce titre l'auteur a réuni les formules de préparation de l'Iconogène et son emploi dans le développement. Il montre combien il facilite les manipulations photographiques si lentes avec l'hydroquinone, si salissantes avec l'acide pyrogallique, le fer, etc.

L'Iconogène est le nom donné au *sel de soude de l'acide amido β naphtol β mono-sulfonique.* C'est peut-être le meilleur révélateur connu et il faut remercier M. Berthier d'avoir mis à la portée de tous son mode d'emploi en photographie.

C. Naud.

3° Sciences naturelles.

Thoulet (J.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.* — **Océanographie** (*Statique*). 1 *vol. in-8°, de X-492 p. avec* 103 *fig. dans le texte. Prix :* 10 *fr. Paris, L. Baudoin et Cie,* 30 *Rue et Passage Dauphine*, 1890.

L'on sait combien les études relatives à la physique des mers ont pris de développement dans ces dernières années en Angleterre, aux Etats-Unis, en Norvège et en Allemagne; les résultats de la longue campagne du *Challenger*, en particulier, sont dans toutes les mémoires. Malgré les efforts qui ont abouti aux expéditions du *Travailleur* et du *Talisman*, si fructueuses surtout pour la zoologie, la France est restée fort en retard, à ce point de vue, sur les grandes nations maritimes de l'Europe et de l'Amérique.

M. Thoulet, après être allé s'initier aux méthodes de recherches auprès des maîtres de la science nouvelle, s'est donné pour tâche de populariser l'océanographie dans notre pays et d'y intéresser l'esprit public. L'ouvrage qu'il fait paraître aujourd'hui vient combler une fâcheuse lacune de notre littérature scientifique : grâce à M. Thoulet, les lecteurs désireux d'acquérir des notions exactes et précises sur les phénomènes compliqués dont l'Océan est le siège ne seront plus obligés d'avoir recours aux manuels étrangers, tels que ceux de Boguslawski, Krümmel, Wyld, etc., qui jusqu'à présent n'avaient point d'équivalents dans notre langue.

Ce premier volume ne comprend que la *Statique*; il est divisé en une série de chapitres consacrés à la topographie de la mer et aux instruments qui servent à la déterminer, à la minéralogie et à la géologie sous-marines, à la chimie des eaux et des dépôts, aux questions de température, de densité et de pression, ainsi qu'à l'examen des propriétés optiques. Un chapitre sur la biologie de la mer met bien en évidence les services que les études d'océanographie théorique sont susceptibles de rendre à l'industrie de la pêche, dont l'importance est devenue si considérable pour le commerce et pour l'alimentation du monde entier. Dans une dernière section, l'auteur s'occupe enfin des glaces, de leurs divers modes de formation et de leur rôle dans l'économie générale de l'Océan.

Quelles que soient les critiques de détail que l'on puisse relever dans ce premier essai, M. Thoulet n'en mérite pas moins toute la reconnaissance des naturalistes et des géographes. Nous attendrons avec impatience la publication du second volume qui, sous le titre de *Dynamique*, doit terminer l'ouvrage et comprendre l'étude des mouvements de la mer et des modifications qu'ils apportent à la forme de la surface terrestre.

Emm. de Margerie.

Vuillemin (Dr P.). — **Le type floral des Graminées.** — *Bull. Soc. Sciences de Nancy*. 1890.

Dans une courte Note l'auteur expose les raisons qui lui permettent de considérer la fleur des Graminées, suivant la théorie d'Eichler, de Celakowsky, etc., comme une fleur dont le perianthe serait représenté par les glumellules. Nous ne pouvons analyser cette Note dont chaque phrase exigerait des développements que l'auteur nous promet bientôt. Bornons-nous à rappeler que M. Vuillemin compare l'épillet à la calathide des composées dont le réceptacle commun est allongé au lieu d'être étalé. Les glumes correspondent aux pièces du péricline, les glumelles inférieures aux paillettes et les fleurs, au lieu d'être sessiles, ont un axe assez allongé pour former une préfeuille représentée par la glumelle supérieure; chaque fleurette est plus réduite que chez les composées; le calice étant toujours nul et la corolle rudimentaire.

Pour M. Vuillemin, les Graminées ne seraient pas un type primitif, elles formeraient le terme extrême d'une série de Monocotylédones anémophiles de laquelle se sont sans doute détachés les Palmiers, les Isunés, les Cypéranes.

L. Mangin.

Beauregard et **Galippe.** — **Guide pratique pour les travaux de micrographie.** 1 *vol. in-8°, G. Masson*, 120, *boulevard Saint-Germain. Paris*, 2e *édition, entièrement refondue* (15 *fr.*).

Les auteurs de cet ouvrage, au moment où ils en ont écrit la première édition, avaient eu pour but de réunir tous les renseignements relatifs aux divers sujets que peuvent avoir à étudier tous ceux qui par leurs études ou leur profession ont besoin de recourir à l'usage du microscope. C'était faire un livre utile, répondant à des besoins nouveaux, la preuve en est dans le succès qu'il eut auprès du public et dans ce fait, qu'il a eu depuis de nombreux imitateurs, aussi bien en France qu'à l'étranger. Mais une deuxième édition était devenue nécessaire en raison du chemin parcouru dans ces dernières années par la science du microscope. C'est de ce second ouvrage dont nous désirons dire quelques mots ici.

Signalons d'abord les modifications et les additions

[1] *Revue générale des Sciences*. 1890, t. I, p. 587.

que les auteurs ont fait subir à leur première publication. En premier lieu, tous les chapitres qui forment le *Guide pratique de micrographie* ont été remaniés et mis en harmonie avec l'état actuel de la science. En second lieu, les auteurs ont écrit un chapitre nouveau pour la bactériologie; comme le cadre de cet ouvrage ne leur permettait pas de donner une étude complète des bactéries, ils ont dû se borner à donner les caractères généraux de ces organismes, les divers procédés qu'on emploie pour les cultiver, les observer, et les classer. C'est ainsi que l'on trouvera dans cette seconde édition les indications nécessaires à la recherche des parasites, soit dans les liquides pathologiques (pus, crachats) soit dans les eaux employées pour l'alimentation. Enfin, les auteurs ont ajouté à leur ouvrage un chapitre de technique appliquée à l'histologie; le mode d'examen et de préparation des différents tissus a été traité avec tous les détails nécessaires.

Le plan général de l'ouvrage n'a pas été changé. Il est divisé en deux parties : *Histologie végétale* et *Histologie animale.* Dane l'histologie végétale on étudie la cellule, les tissus, les appareils, la structure des divers organes de la plante et les organes de reproduction dans les différents groupes du règne végétal. La deuxième partie, qui a pour titre l'histologie animale, est plus tôt l'étude des applications du microscope à la clinique, à l'hygiène et à la médecine légale. La plupart de ces chapitres sont très consciencieusement traités et renferment une foule de détails précieux ; le clinicien consultera surtout les chapitres relatifs au *sang* et aux *sédiments urinaires*; le médecin légiste, ceux qui traitent du *sperme,* et de l'*examen des cheveux et des poils* ; l'hygiéniste ceux qui sont relatifs aux *parasites*, aux *corpuscules et miasmes de l'air*, et à l'*examen microscopique des eaux.*

Les auteurs ont voulu faire de leur ouvrage, ainsi qu'ils le disent eux-mêmes dans leur préface, « une « sorte de bibliothèque réduite à sa simple expression, « dans laquelle le chercheur aussi bien que le prati- « cien auraient sous la main des renseignements pré- « cis », faciles à compléter, si cela était nécessaire à l'aide des nombreuses indications bibliographiques qu'ils n'ont pas manqué de donner au lecteur. Il nous suffira de dire pour terminer qu'ils ont pleinement réussi.

J. Hérail.

4° Sciences médicales.

Baudouin. L'asepsie et l'antisepsie à l'hôpital Bichat. Service de chirurgie de M. Terrier (5 *fr.*). *Paris, Lecrosnier, place de l'Ecole de Médecine.* 1890.

C'est avec une réelle satisfaction que nous avons parcouru le livre que vient d'écrire M. Marcel Baudouin. A une époque où beaucoup de chirurgiens ne sont encore antiseptiques que de nom, il était à désirer qu'un de ceux qui savent opérer et soigner leurs malades, ou, à leur défaut, un de leurs élèves, résumât sous une forme succincte les notions fondamentales de la nouvelle pratique chirurgicale qui, en 15 ans, a changé du tout au tout le pronostic opératoire. Elève de M. Terrier, dont l'autorité est aujourd'hui universellement reconnue, M. Baudouin était mieux placé que qui que ce fût pour écrire un traité sur la matière. Il a su rendre le sujet intéressant en nous montrant comment, par des améliorations successives, M. Terrier est arrivé, de 1883 à 1889, à créer à l'hôpital Bichat, sinon un service modèle, tout au moins un service dont les résultats ne le cèdent en rien à ceux des meilleurs hôpitaux étrangers.

L'installation des salles, les substances employées, les étuves à stérilisation, etc., se trouvent très complètement décrites dans la première partie de l'ouvrage, qui constitue en quelque sorte un traité de l'asepsie et de l'antisepsie en chirurgie. La lecture de ces pages, écrites d'une plume alerte, nous montre bien la différence, méconnue par quelques-uns, entre l'asepsie et l'antisepsie ; la première est le but, la deuxième n'est qu'un des moyens d'y parvenir.

Dans une dernière partie, M. Baudouin passe en revue les diverses régions sur lesquelles on peut avoir à opérer et nous donne la manière de les rendre aseptiques. L'antisepsie de la peau, celle de l'œil, de l'oreille, du nez, de la bouche, de l'intestin, du rectum, du vagin et de l'utérus, des voies urinaires, forment autant de chapitres des plus intéressants à consulter.

L'ouvrage se termine par la statistique intégrale de toutes les opérations faites à l'hôpital Bichat depuis sa fondation, seule manière de prouver la valeur incontestable de la pratique suivie.

Dr Henri Hartmann.

Brivois (L.). — **Manuel d'électrothérapie gynécologique.** 6 *fr. O. Doin, Paris*, 1890.

A une époque où le traitement électrique des affections utérines fait l'objet de discussions dans tous les pays, le manuel de M. Brivois vient combler une lacune en donnant aux médecins un exposé clair et concis de la technique à suivre. A ce titre nous pouvons recommander cet ouvrage qui permet aux plus ignorants des lois de la physique d'appliquer pratiquement le traitement électrique. Nous ne pouvons malheureusement approuver l'auteur qui, avec tous les spécialistes du reste, applique son traitement un peu à toutes les affections. Dans bien des cas le traitement chirurgical reste le plus simple et le moins grave, en dépit de la sécurité apparente que donne la cure électrique plus aveugle que le bistouri.

Dr Henri Hartmann.

Manacéine (Marie). — **Le surmenage mental dans la civilisation moderne, effets, causes, remèdes.** *Traduit du russe par* E. Jaubert, *avec une préface par* Ch. Richet.— *In*-12. (3 *fr.*) *G. Masson, Paris*, 1890.

Ce livre est surtout une étude de sociologie. Il est divisé en trois parties. Dans la première, intitulée *Les Effets* l'auteur cherche à démontrer l'affaiblissement nerveux et l'anémie générale des générations actuelles et indique les inconvénients sociaux qui en résultent, épidémies du vol, augmentation du nombre des suicides, etc. Dans la seconde, intitulée *Les Causes*, il est difficile de saisir l'idée générale qui relie entre elles les diverses questions qui y sont traitées : les réflexes, les sentiments, la conscience, la liberté morale ; dans les chapitres x, xi et xii il est question du surmenage des enfants par l'école. La troisième partie intitulée *Les Remèdes* commence par indiquer en trois chapitres les symptômes et le diagnostic du surmenage mental; puis viennent quatre pages sur le traitement, et enfin, après la description de la balance psycho-physiologique de Mosso, des considérations sur l'essence de l'hérédité et l'importance des phénomènes d'héridité.

Il y a çà et là de la physiologie, mais souvent un peu étrange. Une des meilleures preuves que l'auteur croit donner de la dégénérescence contemporaine, c'est qu'on a été obligé d'abandonner la saignée et le calomel, traitements héroïques, excellents, mais que nous ne sommes plus en état de supporter...!

L'auteur « ne peut s'empêcher de supposer » que divers actes automatiques, comme, par exemple, les pulsations du cœur » ont été à l'origine » des mouvements plus ou moins volontaires ou spontanés » (p. 188). Elle dit : « Emmanuel Kant a démontré que l'homme en tant que *noumenon* est complètement libre, » du même ton dont elle rapporte les observations de Broca ou une expérience de Wundt.

Ce qu'il y a de plus intéressant dans ce livre, c'est la préface que M. Ch. Richet a mise en tête. Cette préface contient en substance ce que devrait être un livre sur le surmenage mental. On ne peut que regretter que Mme Manacéine n'ait pas conçu son ouvrage sur ce plan et dans cet esprit.

L. Lapicque.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 23 février 1891.

1° Sciences mathématiques. — **M. M. d'Ocagne** : Sur la représentation plane des équations à quatre variables. — **M. L. Raffy** : Sur une classe de surfaces harmoniques. — **M. Andrade** : Sur le mouvement d'un vortex rectiligne dans un liquide contenu dans un prisme rectangle de longueur indéfinie. — **M. Charlois** : Observations de deux nouvelles planètes découvertes à l'observatoire de Nice, les 11 et 16 février 1891. — **M. B. Baillaud** : Observations de la planète Charlois (11 février 1891) faites à l'équatorial Brünner de l'observatoire de Toulouse. — **M. Em. Marchand** : Observations des facules solaires faites en 1889 et 1890 à l'équatorial Brünner ($0^m,18$) de l'observatoire de Lyon ; le classement systématique des groupes observés donne lieu à diverses remarques relatives à la distribution de l'activité solaire par zones et à la variation de ces zones depuis le minimum. — Les photographies du spectre de α Lyre prises par **M. A. Deslandres** lui permettent de nier le dédoublement périodique de la raie K du calcium dans ce spectre, dédoublement annoncé par M. Fowler.

2° Sciences physiques. — **M. Mascart** étudie les anneaux colorés par réflexion pour une lumière polarisée dans l'un des azimuts principaux ; posant, d'après des théorèmes connus, que la vibration finale dans ce cas se réduit à deux vibrations dont la différence de phase comprend : 1° la perte de phase δ qui correspond à deux passages de la lumière dans la lame mince ; 2° la somme des pertes de phase par réflexion intérieure sur les deux surfaces δ qui limitent cette lame, il examine les variations du phénomène avec les variations de l'incidence. — **M. Monnorry** a entrepris des expériences pour vérifier sur le quartz comprimé une conséquence de la théorie de M. Gouy sur les effets simultanés du pouvoir rotatoire et de la double réfraction ; les expériences ont concordé avec les chiffres que l'auteur avait antérieurement calculés *à priori* : une compression qui croît à partir de zéro a pour effet de diminuer ou d'augmenter la rotation de la vibration émergente, suivant la valeur de l'épaisseur de la lame de quartz soumise à la compression. — **M. E. Carvallo** établit par l'expérience que les lois de la double réfraction ne sont pas altérées par la dispersion ; il montre par le calcul que le système de M. Sarrau jouit de cette propriété que les termes de dispersion de Briot n'introduisent aucune perturbation aux lois de la double réfraction monochromatique, et qu'il est des systèmes proposés le seul à jouir de cette propriété ; il resterait à prouver analytiquement qu'il en est de même des autres termes de dispersion. — **M. U. Lala** a continué ses recherches sur la compressibilité des mélanges gazeux ; il étudie les mélanges d'air et d'hydrogène. — **M. Ch. Blarez** a étudié la solubilité du bitartrate de potassium, dans l'eau, dans diverses solutions salines, dans un mélange d'eau, d'alcool et de sels. — **M. A. Berg** a préparé la butylamine normale en faisant agir, suivant la méthode d'Hofmann, l'ammoniaque en solution hydro-alcoolique sur le chlorure de butyle normal : il étudie quelques sels de la base primaire et de la base secondaire ainsi obtenues. — **M. A. Villiers**, en faisant fermenter l'empois d'amidon sous certaines conditions par le ferment butyrique a vu que le produit principal de la fermentation consiste en dextrines.

3° Sciences naturelles. — **MM. R. Lépine** et **Barral** ont constaté que, si on lave avec de l'eau salée à 7 % les globules sanguins séparés du sérum, cette eau salée prend un pouvoir glycolytique supérieur à celui du sérum où ce pouvoir est très faible ; une deuxième eau de lavage prend un pouvoir glycolytique encore plus marqué. — **M. Lavocat** : Détermination rationnelle des pièces sternales chez les animaux vertébrés. — **M. E. Laguesse** : Structure du pancréas et pancréas intra-hépatique chez les poissons. (V. Soc. de Biologie, 21 février). — **M. L. Faurot** par l'étude des cloisons mésentéroïdes du *Cerianthus membranaceus* est conduit à rapprocher ce type des Coralliaires fossiles classés dans les Zoanthaires rugueux comme l'avait déjà fait J. Haime. — Dans des recherches ayant porté sur 16 espèces très éloignées les unes des autres, **M. P. Lesage** a reconnu que dans la racine, à partir du sommet, le liber se différencie plus tôt que le bois. — **M. E. Jannetaz** a fait l'étude des divers échantillons de roches rapportés par M. Thollon du Congo français ; il y signale la présence de l'argent natif. — **M. A. Muntz** fait voir par des analyses comparatives que l'eau de pluie recueillie dans les vallées contient plus de sel marin que celle recueillie sur les montagnes ; par suite, les plantes fourragères croissant sur les montagnes renferment moins de sel que les mêmes espèces de la vallée ; ce fait explique la nécessité d'une ration de sel en nature aux bestiaux des paturages élevés ; malgré cette distribution, le sang et le lait de ces animaux est plus pauvre en chlorure de sodium que chez les animaux des basses altitudes. — **M. G. Stefanesco** signale la relation manuscrite d'une chute de météorites qui a eu lieu en Roumanie en 1774.

Présentations : **M. Bouquet de la Grye** présente à l'Académie un exposé des idées de **M. Faye** sur la théorie des tempêtes dans l'*american Meteorological journal*. — **M. E. Fremy** présente un volume qu'il vient de publier sous le titre : *Synthèse des rubis*. — **M. Chauveau**, en présentant son ouvrage : *Le travail musculaire et l'énergie qu'il représente*, explique que s'il n'a communiqué à l'Académie qu'une partie des recherches inédites contenues dans cet ouvrage, c'est qu'il tenait à ne pas détacher les autres de l'ensemble et à ne pas exposer des idées nouvelles sans leur démonstration complète.

Mémoires présentés : **M. D. A. Casalonga** adresse une nouvelle note relative à l'inexactitude du coefficient économique $\frac{To - T}{To}$ du rendement de la chaleur.

Séance du 2 mars 1891

1° Sciences mathématiques. — **M. A. Mannheim** : Transformation de démonstration. — **M. Schenflies** : Sur les surfaces minima limitées par quatre arêtes d'un quadrilatère gauche. — **M. Mouchez** communique plusieurs séries d'observations de petites planètes, faites par **M. Callandreau** au grand instrument méridien de l'Observatoire de Paris pendant le deuxième trimestre de 1890. — **M. G. Bigourdan** a retrouvé une nébuleuse, qui découverte par W. Herschel en 1785 et revue par J. Herschel en 1831, a été cherchée vainement par les astronomes de Birr Castle en 1854 et 1864 et par d'Arrest en 1863 ; on est ainsi obligé d'admettre la variabilité de cette nébuleuse ; elle est située dans le voisinage d'Algol. — A propos de la note de M. Rod. Wolf sur l'histoire des appareils à mesurer les bases, **M. A. Laussedat** rappelle la part importante qui revient à l'ingénieur français d'Aubuisson de Voisins dans le perfectionnement de ces appareils.

2° Sciences physiques. — Revenant sur la discussion qui s'est élevée dans l'Académie à propos des expériences de M. Wiener, **M. H. Poincaré** remarque que les derniers éléments apportés à cette discussion ne permettent pas encore d'éliminer d'une façon absolue

l'hypothèse de Neumann; la note de M. Potier a ramené la question générale à cette question particulière : sous l'incidence normale, tout plan réfléchissant est-il un plan nodal? M. Potier résolvait la question par l'affirmative, mais l'analyse permet de démontrer qu'il peut en être autrement; la théorie de Neumann oblige seulement à faire une hypothèse plus compliquée que pour la théorie de Fresnel, et encore, la simplicité dont jouit la théorie de Fresnel pour une lumière homogène est-elle en grande partie perdue dans le cas où l'on doit tenir compte des diverses longueurs d'onde. D'ailleurs, M. Poincaré tient à dire que personnellement il penche pour la théorie de Fresnel. — M. **Savelieff** expose les résultats qu'il a obtenus relativement aux variations diurnes de l'intensité de la radiation solaire ; il a étudié cette radiation à Kief pendant tout le cours de l'année 1890 au moyen de l'actinomètre enregistreur de M Crova. — M. **Crova** a propos de cette note, fait remarquer à quelle précision on est arrivé dans ces études. — M. **A. Imbert** a étudié les vibrations des anches doubles, disposées en anches en dehors; en général, les deux anches vibrent à l'unisson, diverses conditions déterminant celle des deux qui doit donner le ton; mais dans certains cas, on obtient un double son, qui est toujours un accord musical. — M. **de Forcrand** a formé et étudié quelques dérivés alcalins de l'érythrite. — M. **Léo Vignon** a étudié les phénomènes thermiques auxquels donne lieu la teinture du coton; la chaleur dégagée est faible, relativement à celle dégagée par la teinture des fibres animales; on sait d'autre part que le coton fixe faiblement les couleurs. Si l'on combine de l'azote ammoniacal à la cellulose, comme MM. Schützenberger et Thénard ont montré qu'on pouvait le faire, on obtient une substance qui sans avoir sensiblement perdu de ses qualités textiles dégage trois fois plus de chaleur sous l'action des matières colorantes à caractère acide et retient énergiquement ces matières. — M. **G. Linossier** a isolé le pigment noir des spores de l'*Aspergillus niger;* la composition chimique de ce pigment n'a pas été déterminée; l'auteur a seulement reconnu qu'il contenait du fer, mais l'ensemble de ses caractères physiques, ses caractères de solubilité, la transformation que lui font subir les réducteurs et sa réoxydation spontanée à l'air tendraient à l'identifier avec l'hématine du sang des vertébrés.

3° SCIENCES NATURELLES. — M. **Zwaardemaker** signale la susceptibilité que présentent les chats et les rats à l'action convulsivante du phénol. — M. **Joannes Chatin** a fait l'étude de l'épithélium hépatique de la *Testacelle* (Gastéropodes); il fait remarquer la transformation graduelle de cet épithélium, en passant du fond des cœcums aux canaux excréteurs, de la forme cylindrique à la forme pavimenteuse. — M. **de Lacaze-Duthiers** annonce que les essais d'ostréiculture tentés au vivier du laboratoire de Roscoff, ont donné des résultats inespérés; en un an, grâce à des soins assidus, et malgré la rigueur exceptionnelle de l'hiver, la plus grande partie du naissain implanté a acquis la taille marchande. — M. **P. P. Dehérain** a continué à étudier les pertes en azote nitrique que les eaux de drainage font subir aux terres; malgré des conditions météorologiques défavorables; il a pu vérifier que l'établissement en automne d'une culture dérobée empêche presque absolument cette perte, comme il l'avait annoncé à priori. — M. **A. de Lapparent** a cherché à déterminer l'âge du conglomérat à ossements de Gouberville (Manche); les débris de lamantin qui y abondent proviennent du remaniement d'une couche antérieure; il y existe d'ailleurs des éléments provenant de remaniements bien plus anciens; l'âge du dépôt dans sa forme actuelle est déterminé par la présence de la *Terebratula grandis* en excellent état de conservation et par la découverte toute récente d'une dent de Dinotherium; il est donc miocène. — M. **H. Douvillé** a fait l'étude d'une série d'échantillons fossilifères recueillis par M. Canelle sur le tracé du canal de Panama; toutes les couches entamées se rattachent aux divers étages du tertiaire des Antilles. — M. **de Montessus** par le classement systématique du plus grand nombre possible d'observations de tremblement de terre, est arrivé à cette conclusion, qu'il n'existe aucun rapport entre la fréquence des secousses sismiques et les saisons astronomiques. — M. **J. Thoulet** a étudié l'action de l'eau en mouvement sur quelques minéraux.

Nouvelles et présentations. — M. **Geikie** est élu correspondant pour la section de Minéralogie en remplacement de feu M. **Favre.** — M. **C. Wolf** présente le deuxième tome des : « Mémoires sur le pendule » publiés par la Société française de Physique. — M. **Larrey** présente à l'Académie de la part de sir **James Paget** un livre anglais intitulé : « Études de vieux cahiers d'observations. »

Mémoires présentés. — M. **Rey de Morande** adresse une note intitulée : « Les variations du niveau de la mer pendant les temps géologiques. » — M. l'abbé **Tondini** annonce l'adhésion de plusieurs puissances au projet d'une conférence internationale pour régler la question de l'heure universelle. — M. **E. Serrant** adresse une note intitulée : « La nitro-crésoline, ou acide trinitrocrésylique et les trinitrocrésylates. »

L. LAPICQUE.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 28 février 1891

MM. **P. Launay** et **P. Langlois** présentent un lactomètre qui est combiné avec un thermomètre de telle façon qu'on peut lire la densité sans avoir besoin de faire de correction relative à la température. — M. **Hugounenq** et **Eraud** ont étudié l'action de diverses matières colorantes, dérivées de la houille, sur le développement et la virulence de quelques microbes; ils signalent particulièrement la puissance antiseptique du bleu de méthylène et de la safranine. — M. **Déjerine** fait l'analyse de deux cas d'aphasie motrice, avec autopsie, dans lesquels une lésion sous-corticale avait été exactement diagnostiquée pendant la vie; l'écorce de la circonvolution de Broca n'étant pas lésée, les images motrices étaient conservées; sur ces deux mêmes cas, il étudie la localisation chez l'homme des centres moteurs corticaux du larynx. — M. **F. Lataste** : Des variations de durée de la gestation chez les mammifères et des circonstances qui déterminent ces variations : théorie de la gestation retardée. — M. **Nicati** présente son ouvrage intitulé : « La Glande de l'humeur aqueuse (glande des procès ciliaires ou glande uvée). »

Séance du 7 mars 1891.

M. **Laborde** fait une communication sur le développement de la circonvolution de Broca et des circonvolutions frontales en général corrélativement au développement de l'intelligence et du talent oratoire. — M. **Dupuy** rappelle divers cas de lésion de la troisième frontale gauche sans aphasie qui lui semblent incompatibles avec la fonction spéciale de cette circonvolution. — M. **Beauregard** remarque que si l'on étudie la série animale, on voit dans diverses familles à cerveau généralement lisse des circonvolutions apparaître chez les espèces les plus grandes, sans qu'elles soient pour cela les plus intelligentes; mais il faut noter que lorsqu'une fonction disparaît, on remarque l'atrophie de la circonvolution où la science actuelle localise le centre psycho-moteur de cette fonction. — M. **Darsonval** présente un moteur électrique pour cylindres enregistreurs avec régulateur automatique, la régularité de la rotation est contrôlée à chaque instant par un téléphone. — M. **Gréhant** présente un réservoir de caoutchouc avec insufflateur destiné à recueillir des échantillons d'air pour une analyse ultérieure; il expose le procédé par lequel il dose l'acide carbonique; ce gaz est toujours en proportion faible dans les airs les plus viciés. — M. **Darsonval** rappelle que d'après les recherches qu'il a faites avec M. Brown-Séquard, c'est à des produits

organiques qu'il faut rapporter la toxicité de l'air vicié par la respiration animale ; leurs dernières expériences de contrôle, encore en voie d'exécution, confirment pleinement ce fait. — M. **Beauregard**, en présentant diverses planches phototypiques d'anatomie, fait remarquer que des documents de ce genre doivent être étudiés à la loupe, et que, par cet examen, leur supériorité sur les lithographies devient éclatante. — M. **Galippe**, à propos d'une note d'un médecin viennois qui attribue la formation des calculs à une action microbienne, rappelle qu'il a exposé entièrement cette théorie il y a plusieurs années sans trouver alors d'écho.

L. LAPICQUE.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 6 *mars* 1891.

M. A. **Berget** présente un modèle portatif de l'électromètre capillaire de M. Lippmann. Tel qu'il est construit d'ordinaire, l'électromètre de M. Lippmann constitue un instrument de laboratoire parfait, mais son transport est chose très délicate. Pour rendre l'instrument plus portatif sans diminuer sa sensibilité, M. Berget a eu l'heureuse idée de séparer la partie essentielle de l'appareil, c'est-à-dire la partie capillaire, et la cuvette contenant le mercure et l'eau acidulée, des autres parties qui constituent surtout la monture et l'appareil d'observation. La cuvette, en verre soufflé, à laquelle est soudé un tube de même diamètre, qui se termine par la pointe capillaire, se dispose sur la platine d'un microscope ; pour exercer une pression sur le mercure contenu dans le tube et le faire pénétrer dans la pointe, on se sert de deux réservoirs de verre réunis par un tube de caoutchouc et placés à des niveaux différents, que l'on peut faire varier à volonté. — M. **d'Arsonval** décrit les expériences qu'il a entreprises pour déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur. La méthode mise en œuvre avait déjà été proposée par l'auteur et par M. Marcel Deprez il y a quelques années ; elle consiste à faire tourner un aimant autour de l'axe d'un cylindre de laiton ; des courants de Foucault naissent dans le cylindre, qui tendraient à le faire tourner, on s'oppose à cette rotation et l'on évalue le travail ainsi absorbé ; d'autre part, on mesure la chaleur qui apparaît à l'aide d'un calorimètre à température constante. Le calorimètre est formé par la partie annulaire comprise entre deux cylindres concentriques ; dans ce calorimètre plonge le cylindre de laiton, dans la partie centrale tourne l'aimant ou mieux un électro-aimant. Le cylindre de laiton est suspendu par un fil de torsion dont le couple de tension a été préalablement mesuré ; l'angle de torsion est évalué par la rotation de l'image d'un point lumineux sur un miroir solidaire du cylindre. Pour maintenir le calorimètre à température constante, à chaque instant, on introduit une quantité d'eau à 0° suffisante pour empêcher tout échauffement, l'écoulement de cette eau peut être réglé automatiquement par le jeu de la dilatation d'un liquide contenu dans un serpentin ; on évalue ainsi aisément la chaleur produite. Bien entendu, il faut tenir compte des échauffements parasites dus au courant qui parcourt le fil de l'électro-aimant ; il faut aussi empêcher la production des courants de Foucault sur les parois du calorimètre. Pour donner à l'aimant un mouvement de rotation uniforme, M. d'Arsonval se sert d'un petit moteur électrique, sur lequel il dispose un très simple, mais très efficace régulateur de vitesse ; ce régulateur est combiné par un ressort d'acier enroulé en cercle, et qui, porté par l'axe du moteur, se déforme par la rotation, il se rapproche ou s'éloigne ainsi d'une vis établissant ou rompant une communication électrique, suivant que la vitesse diminue ou augmente. Le courant qui traverse ce système est une dérivation du courant principal qui actionne le moteur ; on évite ainsi l'inconvénient de trop fortes étincelles de rupture à la pointe de la vis. — M. **Ch.-Ed. Guillaume**, après avoir, dans ses remarquables recherches antérieures, précisé les conditions d'emploi du thermomètre à mercure, a été naturellement conduit à s'occuper des procédés de mesure de la température au moyen des phénomènes électriques ; la mesure de résistance et celle des forces thermoélectriques peuvent être utilisées dans ce but ; M. Guillaume s'est jusqu'à présent occupé du premier de ces moyens Avant tout, il convient d'observer que, quelque commodes et avantageux que puissent être ces procédés, ils restent néanmoins tributaires du thermomètre, et réclament son emploi pour leur graduation. Quand on aura déterminé exactement la fonction qui lie le phénomène physique auquel on a recours, à la température du thermomètre à mercure, il conviendra de rapporter les mesures au thermomètre normal ; un procédé très élégant de calcul permettra de faire cette substitution sans qu'il soit nécessaire d'introduire des termes trop nombreux et illusoires dans les formules ; le calcul se fait, d'ailleurs, à l'aide de coefficients indépendants de la nature du phénomène considéré. La mesure des résistances est effectuée par la méthode du pont, tel qu'il a servi dans les recherches classiques de M. Benoît sur la construction de l'ohm légal ; diverses modifications rendent encore plus précis l'emploi de ce pont. M. Guillaume discute complètement la question ; il établit en particulier un théorème important relatif au calcul de la résistance d'une dérivation, qui permet de faire assez exactement la correction relative aux chevilles des bobines indirectes employées en dérivation.

Lucien POINCARÉ.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 13 *février* 1891.

M. **Béchamp** expose ses recherches sur le résidu insoluble qu'on obtient en traitant la fibrine du sang de bœuf par l'acide chlorhydrique dilué. Ce résidu possède des propriétés chimiques remarquables : il décompose l'eau oxygénée très rapidement, il fluidifie l'empois d'amidon très rapidement ; ces actions sont retardées par les agents antiseptiques, mais non empêchées. M. Béchamp en conclut que ce résidu qui constitue les *microzymas* de la fibrine est une matière organisée vivante : la chaleur la tue et supprime les réactions indiquées ci-dessus. — M. **Lebel** fait observer à ce propos qu'il a été démontré qu'un grand nombre de microbes de l'air et de l'eau résistent à des doses de phénol considérable, et que ce réactif peut même servir à les isoler, les faits observés par M. Béchamp peuvent être attribués aussi bien aux microbes de l'air, de l'eau ou du sang qu'aux microzymas ; les expériences de M. Béchamp ne peuvent donc, à son avis, démontrer ni infirmer l'existence des microzymas. — M. **Wyrouboff**, pour vérifier l'explication qu'il a donnée du polymorphisme [voir ce recueil n° 4 p. 123] a étudié les hydrates de chlorure de Cobalt et a trouvé que *le sel dissous existe à l'état d'hydrate* $CoCl^2,H^2O$. En étudiant le sulfate de soude, il pense trouver l'explication de sa courbe de solubilité anormale dans ce fait que le sulfate de soude est polymorphe et que dans les solutions les deux formes peuvent exister simultanément, l'une se détruisant et l'autre se produisant à mesure que la température monte ; en effet si l'on fait cristalliser ce sel à une température supérieure à 35° on trouve les deux formes du sel et on trouve d'autant plus du sel β que la température est plus élevée ; si cette température devient supérieure à celle à laquelle le sel α cesse d'exister la courbe redevient normale. M. Wyrouboff en conclut que les corps conservent, au moins dans certains cas, leur forme propre en solution. — M. **Le Chatelier** n'admet pas l'interprétation que M. Wyrouboff donne de ses expériences sur le sulfate de soude, et montre que ses résultats peuvent s'expliquer sans hypothèses nouvelles en tenant compte des phénomènes de sursaturation qui se produisent dans l'évaporation rapide des solutions salines. — M. **O. Saint-**

Pierre a fait réagir le potassium sur le diphénylméthane à 230° et préparé divers dérivés du composé potassé ainsi obtenu, par l'action des chlorures de benzyle et de benzoyle. — M. **D. Vladesco**, en étudiant l'action du chlore sur la méthyléthylacétone a obtenu un dérivé monochloré qui lui a permis la synthèse d'une série d'éthers du *méthyl-acétyl-carbinol*. L'action de l'ammoniaque lui a donné la *tétraméthylpyrazine*. — M. Friedel présente une note de M. **Causse** sur la transformation du phosphate monocalcique en phosphate bicalcique par les acétates alcalins.

Séance du 27 *février* 1891.

M. **Béchamp**, au sujet des observations présentées dans la dernière séance par M. Le Bel rappelle rapidement quelques points historiques de l'étude des antiseptiques, et de leurs applications. — M. **Tanret** a extrait de diverses céréales un nouveau principe immédiat qu'il appelle *lévosine* et auquel il attribue la formule $[C^6H^{10}O^5]^4$; cette substance est soluble dans l'eau et l'alcool étendu ; sa solution aqueuse est précipitée par la baryte. Ce nouvel hydrate de carbone fond à 160° en s'altérant ; son pouvoir rotatoire est — 36°, il ne réduit pas la liqueur de Fehling et n'est altéré ni par la levure de bière ni par la diastase. Son hydratation par les acides étendus donne du lévulose. — M. **Moureu** a réussi à obtenir le chlorure d'acrylyle $CH^2 = CH - COCL$ par l'action de l'oxychlorure de phosphore sur le sel de sodium de l'acide acrylique ; c'est un liquide bouillant à 78°. — M. **Hanriot** a préparé le nickel tétracarbonyle de MM. Mond, Langer et Quincke et constaté que ce corps présente un pouvoir toxique considérable, bien supérieur à celui de l'oxyde de carbone. — MM. **Béhal** et **Choay** ont constaté que le chloral-ammoniaque s'altère spontanément à la longue, et qu'il se forme du chlorure d'ammonium, du chloroforme et des cristaux de chloral diformiamide. — M. **Béhal** a obtenu l'α-méthyl γ-éthyl pyridique par l'action de la paraldéhyde sur la formiamide. — M. **Villiers** a commencé l'étude de l'action de quelques ferments figurés sur les hydrates de carbone et constaté que le ferment butyrique transforme la fécule de pommes de terre en dextrines dont il indique les propriétés. — M. **Ph. A. Guye**, en s'appuyant sur l'équation des fluides telle qu'elle a été donnée par M. Sarrau indique une nouvelle méthode pour déterminer le poids moléculaire au point critique ; cette méthode consiste à calculer la densité critique d par rapport à l'air ramenée à 0° et 760mm au moyen de la formule : $d = 1146 \frac{\delta\theta}{\pi(1070 + \theta)}$; δ, π et θ sont les éléments du point critique (densité, pression et température.) On a alors $M = d \times 28,88$. Appliquée à l'eau et à l'alcool méthylique, cette méthode conduit aux poids moléculaires correspondants à $[H^2O]^2$ et $[CH^4O]^2$, ce qui est en harmonie avec les précédentes déterminations de M. Guye. — M. Friedel présente à la Société : 1° le *Cours de chimie analytique* de M. **Silva** publié par M. Engel ; 2° le traité de métallurgie de M. **Juptner de Jonstorff** traduit de l'allemand par M. **Vlasto** ; 3° deux volumes de *Conférences* faites par divers savants à son laboratoire et publiées par M. Georges **Carré**.

A. Combes.

SOCIÉTÉ MATHÉMATIQUE DE FRANCE

Séance du 4 *mars* 1891.

M. **d'Ocagne** : Sur la représentation graphique des équations à quatre variables. Application à la construction d'un abaque permettant de résoudre l'équation *complète* du 3e degré (développement d'un sujet indiqué dans une note présentée à l'Académie des sciences dans la séance du 23 février). — M. **Fouret** : Démonstration simplifiée, en coordonnées cartésiennes, du théorème de Chasles relatif à l'invariabilité du centre des moyennes distances des points où une surface algébrique est touchée par les plans parallèles à un plan quelconque. — M. **Humbert** : Autre mode de démonstration du même théorème. — M. **Carvallo** : Simplification de la démonstration de Cauchy pour le théorème dit de d'Alembert. — M. **Carvallo** fait voir que les arguments invoqués par MM. Cornu et Potier pour tirer des expériences de M. Wiener sur la lumière polarisée une conclusion favorable à l'hypothèse de Fresnel sur l'orientation de la vibration lumineuse, suffisent à légitimer cette conclusion, indépendamment même des expériences de M. Wiener, en se basant sur la classique expérience des anneaux colorés de Newton. — M. **Raffy** : Détermination des surfaces moulures dont les lignes d'égale courbure sont parallèles. — M. **Collignon** présente un abaque donnant à vue la distance de deux points sur une sphère en fonction de leurs latitudes et de la différence de leurs longitudes, et montre le parti qu'on peut tirer de cet abaque pour l'étude du joint universel. Il présente encore un abaque pour la résolution des triangles rectilignes. — M. **Kœnigs** donne l'interprétation géométrique, au moyen de l'équation tangentielle des coniques, de l'intégrale de l'équation d'Euler mise sous la forme que lui a donnée M. Stieltjes. — M. **Humbert** : Détermination de toutes les courbes algébriques tracées sur une surface de Kummer. Ces courbes sont toutes de degré pair. Elles se répartissent en familles, de la manière suivante :

Courbes de degré $4m + 2$ (32 familles).
- 1° — 16 familles de courbes passant par 6 points singuliers (obtenues au moyen de surfaces de degré $m + 1$ passant par une conique singulière) ;
- 2° — 16 familles de courbes passant par 10 points singuliers (obtenues au moyen de surfaces de degré $m + 2$ passant par 3 coniques singulières se coupant en un point singulier) ;

Courbes de degré $4m$ (32 familles).
- 1° — 30 familles de courbes passant par 8 points singuliers (obtenues au moyen de surfaces de degré $m + 1$ passant par 2 coniques singulières) ;
- 2° — 1 famille de courbes passant par les 16 points singuliers (obtenues au moyen de surfaces de degré $m + 2$ passant par 4 coniques singulières dont les plans forment un tétraèdre de Rosenhain). Pour $m = 1$, cette famille n'existe plus.
- 3° — 1 famille de courbes qui sont les intersections complètes de la surface avec des surfaces d'ordre m.

Maurice d'Ocagne.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 19 *février* 1891.

1° Sciences mathématiques. — **Lord Rayleigh** présente une note sur la sensibilité de la méthode du pont appliquée aux courants électriques périodiques.

2° Sciences physiques. — MM. **Liveing** et **Dewar** font une communication sur l'influence de la pression sur les spectres des flammes. Quand on fait brûler une colonne d'hydrogène dans l'oxygène, on obtient un spectre continu, coupé de nombreuses bandes obscures ; les bandes sont peu marquées à la pression de 5 atmosphères, mais elles deviennent très nettes à la pression de 20 atmosphères. Des observations ont montré qu'elles étaient dues à la présence du bioxyde d'azote, qui provenait des traces d'air atmosphérique, mêlées à l'hydrogène et à l'oxygène. A l'exception des bandes et des raies brillantes du sodium, le spectre est continu ; il s'étend environ de λ 6200 à λ 4150, la partie la plus brillante est à peu près en λ 5150. Il croît en éclat et en étendue à mesure que la pression augmente. Il n'y a pas d'indice qu'il existe aucune relation entre le spectre continu et le spectre linéaire de l'hydrogène,

et il n'y a aucun accroissement d'éclat au voisinage des raies de l'hydrogène, C. F. G. La flamme de l'hydrogène brûlant dans l'oxygène est jaune. Quand l'oxygène brûle dans l'hydrogène, la flamme a une couleur de lavande. Dans ce cas, on a un spectre parfaitement continu, dont le maximum d'éclat se trouve dans le vert, et dont l'intensité va s'affaiblissant graduellement de chaque côté de ce maximum. Aux pressions ordinaires, il va de λ 6150 dans le rouge à λ 4285 dans le violet. Les raies du sodium font défaut. A mesure que la pression s'accroît, le spectre augmente beaucoup d'éclat, et à 8 atmosphères, il s'étend de λ 6630 à λ 3990. Des expériences faites sur de l'hydrogène chargé de vapeurs de sodium, ont montré qu'aucun effet net n'est produit sur la largeur des raies par l'élévation de la pression à 60 atmosphères. Un bec oxyhydrique, brûlant dans l'acide carbonique en présence d'un excès d'oxygène, donne un spectre qui ne contient ni raies, ni bandes obscures ou brillantes, excepté la raie D du sodium. L'éthylène brûlant dans l'oxygène donne, quand la flamme est petite, le spectre habituel d'une flamme de bougie, avec une bande dans l'indigo (λ 431), qui s'obscurcit vers le violet; quand la pression augmente, le spectre continu devient plus brillant, les bandes disparaissent, et en même temps apparaît le spectre d'absorption du bioxyde d'azote. Le spectre du cyanogène, qu'on fait brûler dans l'oxygène est continu; il présente les raies du fer, du calcium, du potassium et du sodium, mais il n'a pas les bandes du cyanogène, ni du carbone, ni les raies du carbone. Il semble donc que le trait caractéristique de la lumière émise par les flammes à haute pression est de fournir un spectre très continu. — M. **Silvanus P. Thompson** fait une communication sur la focométrie des lentilles et des combinaisons de lentilles et sur un nouveau focomètre. L'auteur a imaginé une méthode de focométrie, dans laquelle on n'a pas à effectuer une double manipulation toujours ennuyeuse, ni à mesurer les dimensions d'images optiques, ni à déterminer les positions ou les distances approchées d'aucun point, sauf celles des deux points principaux (points de Gauss), mais qui permet de déterminer la vraie longueur focale et la distance entre les deux points principaux par des mensurations directes de longueur. Il indique les résultats qu'il a obtenus avec son focomètre en appliquant sa méthode à diverses lentilles, objectifs de microscopes, lentilles de chambre noire, etc. — M. **W. Abney** présente une note sur la classification numérique des couleurs. Une couleur est déterminée quand sa teinte, sa luminosité et sa pureté sont connues. Cette dernière constante est déterminée par la comparaison de la lumière colorée avec la lumière blanche qui n'a pas encore traversé le corps coloré transparent sur lequel on expérimente ou avec la lumière blanche réfléchie par une surface blanche, s'il s'agit d'un corps opaque, tel qu'un pigment. La longueur d'onde dominante, la proportion de lumière blanche et la luminosité de la lumière passant à travers divers verres colorés et réfléchie par divers pigments, a été déterminée par l'auteur. — MM. **Francis Gotch** et **Victor Horsley** ont pris pour sujet de leur *croonian lecture* le système nerveux des mammifères, ses fonctions et leur localisation déterminée par une méthode électrique. Cette *lecture* est un résumé d'un mémoire développé dans lequel les auteurs ont donné l'historique des recherches sur les modifications électriques des centres et du système nerveux périphérique et une description complète de la méthode d'expérimentation, en s'attachant spécialement aux modifications qui y ont été introduites. Les résultats obtenus par la méthode actuelle sont comparés à ceux qu'on avait atteints antérieurement par la méthode graphique, et les auteurs exposent les faits qu'ils ont découverts relativement à la physiologie de la moelle épinière et qui rendent plus claires ses relations avec les centres supérieurs et les nerfs périphériques.

Richard A. Grégory.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance générale annuelle. (Séance du 13 février 1891.)

M. Blakesley lit un mémoire de Sir **John Conroy** sur les changements dans le spectre d'absoption du verre de cobalt produit par la chaleur. Le spectre d'absorption du verre de cobalt quand il est froid consiste en trois bandes obscures dans le rouge, le jaune et le vert avec une augmentation considérable d'absorption entre les deux premières. Lorsqu'on chauffe un échantillon jusqu'au voisinage du rouge, l'absorption entre les deux premières bandes sombres diminue et la bande située dans le rouge se déplace du côté de la partie la moins réfrangible du spectre, tandis que les bandes du jaune et du vert gardent leur position mais deviennent moins distinctes. Pendant l'échauffement du verre, l'intensité de sa coloration diminue et quand il est refroidi il reprend sa couleur première et présente le même spectre d'absorption. Des diagrammes et des nombres, montrant le caractère et la position de ces bandes, ainsi que les nombres obtenus antérieurement pour le verre de cobalt à froid par le Dr W. J. Russel, accompagnent le mémoire. Comme conclusion l'auteur pense que ses observations, ainsi que celles de Feussner sur les solutions montrent que les spectres d'absorption de plusieurs substances varient avec la température. Dans les solutions, on pourrait attribuer ce fait à la formation d'hydrates différents ou à une démonstration pointillée, mais dans un solide tel que le verre de cobalt, un changement de constitution chimique à une température très inférieure au point de fusion semble bien peu probable. — Le Dr **Gladstone** dit que généralement la chaleur change le pouvoir colorant des substances, et que dans les solutions l'absorption est plus grande aux températures élevées. Des effets analogues à ceux produits par la chaleur peuvent être obtenus en faisant varier les dissolvants dans le cas des dissolutions, mais comme l'auteur, M. Gladstone pense qu'on ne saurait expliquer par les mêmes considérations les phénomènes obscurs dans le cas des liquides et dans le cas du verre. Le professeur **Thompson** fait remarquer l'analogie des résultats de Sir John Conroy avec ceux obtenus par M. Ackroy qui a démontré que les couleurs réfléchies par des substances opaques telles que la porcelaine tendent, quand on chauffe le corps réfléchissant, du côté rouge. — Le professeur **Minchin** fait devant la Société diverses expériences décrites dans la séance précédente, et relatives aux phénomènes photochimiques. Une batterie sélénium-aluminium illuminée par la lumière d'une bougie dévie l'aiguille d'un électromètre, actionne un relai et fait sonner une cloche. On constate aussi très nettement qu'un excitateur de Hertz placé à distance rétablit la sensiblité des piles usées. — M. **Tungchmann** rappelle que Kalischer et von Uljenin ont les premiers entrepris des expériences sur la force électromotrice produite par l'éclairement du sélénium; dans les éléments qu'ils constituaient, le jaune orange du spectre prismatique ou le jaune vert du spectre de diffraction produisaient les forces élémentaires maxima; il est à remarquer que la force électromotrice ne semble pas en rapport avec la quantité d'énergie correspondant à la réaction inactive évaluée au moyen des expériences de Langlay. — MM. **Waller** et **Burton** insistent sur l'application possible de ces expériences à l'interprétation du mécanisme de la vision.

SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Séance du 15 janvier 1891.

M. **W. Ostwald** : *Rotation magnétique*. La rotation magnétique des composés organiques, d'après Perkin, est une fonction additive de leur composition. Ce fait ne se retrouve pas pour les composés inorganiques. M. Ostwald voit là une preuve de plus à l'appui de la théorie d'Arrhenius sur la dissociation des électrolytes. — MM. **Franck Pullinger** et **J. A. Gardner**. *La densité de*

vapeur du chlorure d'ammonium. La densité de vapeur du chlorure d'ammonium a été prise à diverses températures, dans une atmosphère d'ammoniac. La valeur calculée pour une dissociation complète étant 0,921 on a trouvé :

à 360° c.	1,128 et 1,141
à 448° c.	0,939, 0,994, 1,009

au rouge, dans l'air, la moyenne de cinq expériences a donné 0,926. — M. **Hewitt**. *Phénylhydrazines chlorées.* — M. **Vernon**. *Une nouvelle modification du phosphore.* M. Vernon croit avoir obtenu une nouvelle modification du phosphore. MM. Pickering et Tutton trouvent cette conclusion trop hâtive, les modifications observées dans les propriétés physiques étant très faibles et attribuables à des traces d'impuretés.

Séance du 5 *février* 1891.

M. **Clève**. *Formation d'une substance explosive dans l'éther.* Le professeur Clève décrit une substance produisant de violentes explosions, et qu'on trouve dans les résidus de distillation de l'éther commercial. M. Clève croit que ce doit être du peroxyde d'éthyle. — MM. **Orme Masson** et **U. T. M. Wilsmore**. *Le magnésium forme-t-il des composés avec les radicaux hydrocarbonés?* Les recherches de Hallwachs et Schaparik, Cahours, Vantelyn ont donné des résultats peu concordants ; MM. Masson et Wilsmore ont vainement essayé de préparer le magnésium-éthyle : 1° par le magnésium et l'iodure d'étyle; 2° par le couple magnésium-cuivre et l'iodure d'éthyle; 3° par l'alliage de magnésium et de sodium et l'iodure d'éthyle ; 4° par le magnésium et le zinc-éthyle ; 5° par le magnésium et le mercure éthyle ; 6° enfin par le zinc-éthyle et l'iodure de magnésium anhydre. Les auteurs sont amenés par ces résultats à conclure que le magnésium employé dans les recherches antérieures contenait quelque impureté probablement du zinc. Le Dr Armstrong fait remarquer que Lohr a pu récemment obtenir le magnésium-éthyle et le magnésium-méthyle, par action de l'iodure d'éthyle ou de l'iodure de méthyle sur le magnésium seul ou associé au cuivre, en ayant soin d'opérer à haute température. L'action peut commencer à froid et se terminer vers 110°, si l'on ajoute au mélange, un peu d'acétate d'éthyle. — M. **Adie**. *Composés formés par les oxydes de phosphore avec l'anhydride sulfurique.* L'action de l'anhydride sulfurique sur l'acide phosphorique donne un liquide visqueux dont l'auteur représente la composition par la formule $PO^4(SO^3H)^3$. Le phosphore réagit violemment sur l'anhydride sulfurique et donne le corps $3P^2O^4, 2SO^3$. — M. **G. T. Movdy**. *Combustion du magnésium dans la vapeur d'eau.* L'auteur décrit les précautions à prendre pour réussir cette expérience.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE BERLIN

Séance du 6 *mars* 1891.

M. **Kundt** présente une méthode aussi simple qu'élégante pour démontrer à un auditoire les vibrations d'une corde ou d'une membrane. On place un monocorde devant la fente d'une lampe électrique et on en projette l'image sur un écran à l'aide d'une lentille qui est fixée au balancier d'un interrupteur de Foucault en usage aussi dans les appareils de Ruhmkorff. Si l'interrupteur est mis en mouvement, on voit une image allongée de la corde, et si l'on met celle-ci en vibration, soit par un coup d'archet, soit en la pinçant ou en la frappant, on voit des courbes différentes dues aux sons harmoniques différents. L'expérience réussit également très bien avec une membrane qu'on place devant la fente de la lampe et qu'on munit d'un point lumineux, par exemple d'un petit morceau de carton percé ou d'un petit fil métallique. La membrane est fixée sur un tube lequel à son tour est uni à l'aide d'un tube en caoutchouc à un cornet acoustique. Aussi longtemps que la membrane est en repos on ne voit qu'une ligne droite sur l'écran laquelle se change en courbes caractéristiques dès qu'on chante devant le cornet ou qu'on y fait entrer les sons d'un tuyau d'orgue ou d'autres instruments de musique. La différence des voyelles par exemple se démontre d'une manière frappante, quand on chante dans le cornet, par la différence des courbes. M. Raps, collaborateur de M. Kundt, a réussi à photographier ces images de sorte que cette méthode si simple pourrait peut-être servir pour des mesures. — MM. **Friedlænder** frères présentent une série de photographies qu'ils ont obtenues en plaçant une plaque photographique entre les disques d'un petit condensateur joints aux deux pôles d'une machine électrique de Holtz. On obtient de cette façon les figures de Lichtenberg avec une grande netteté. Des médailles placées sur la plaque photographique se reproduisent entourées d'une auréole. La question est encore indécise de savoir si ces images sont dues au phénomène purement électrique ou si peut-être ce sont des effets lumineux qui les provoquent.

Dr Hans Jahn.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 19 *février* 1891.

1° Sciences mathématiques. — M. **Oppenheim** : Éléments de la trajectoire de la planète (290) Bruna.

2° Sciences physiques. — Le Dr **Klémencic** : *Sur la réflexion des rayons de force électrique sur des plateaux de soufre ou des plateaux métalliques.* L'auteur a entrepris des recherches qualitatives et quantitatives sur la réflexion des rayons de force électrique sur un diélectrique tel que le soufre ou sur un conducteur tel qu'un plateau de zinc ; il a cherché à comparer les propriétés de ces rayons à celles des rayons lumineux. Il se sert pour cette étude d'un inducteur secondaire avec un élément thermoélectrique, comme il a été expliqué dans une précédente communication. La réflexion était produite sur des plaques de soufre réunies de façon à former une surface de 1 m. 20 de hauteur sur 0 m. 80 de largeur l'épaisseur ; était de 0 m. 09. On pouvait substituer au soufre une feuille de zinc de même dimension, mais naturellement moins profonde. On a aussi étudié la réflexion métallique sur un treillis de fils de fer et sur un plateau de zinc replié en cylindre. Les dimensions des différentes parties de l'appareil permettant l'étude de la réforme sous des incidences variant entre 30° et 65°. Entre la réflexion sur le plateau de zinc et celle sur le plateau de soufre, on a constaté la même différence que pour les rayons lumineux. L'intensité de la réflexion change avec la direction de vibration des rayons. Avec le plateau de soufre on obtient sous toutes les incidences une réflexion énergique, si les ondulations sont perpendiculaires au plan d'incidence; au contraire si elles sont parallèles à ce plan on n'obtient de réflexion énergique que sous un petit angle ; l'intensité des radiations réfléchies diminue beaucoup quand l'incidence augmente et s'annule complètement pour un angle compris entre 60° et 65°. Ce fait est d'autant plus remarquable que l'indice de réfraction du soufre a une valeur telle que ce corps doit posséder un angle de polarisation totale compris entre les mêmes valeurs 60° et 65°. La comparaison des observations avec les résultats que l'on déduirait de la formule de Fresnel sur l'intensité des radiations réfléchies par le soufre ne conduit pas à des résultats très satisfaisants, sauf pour une valeur particulière de l'angle d'incidence, mais on ne saurait attacher grande importance à ce désaccord si l'on a égard aux mauvaises conditions où l'on se trouve nécessairement placé, les dimensions du miroir réfléchissant étant plus petites que la longueur d'onde des radiations incidentes. — M. **A. Von Obermeyer**. *Recherches sur les décharges électriques entre des pointes placées dans différents gaz sous diverses pressions.* Ces recherches relatives aux distances explosives et à la mesure de la résistance opposée à la décharge ont été

effectuées avec l'électromètre absolu de MM. Bichat et Blondlot. — MM. **Goldschmidt** et **Egger**. *Action du cyanure de potassium sur l'acide opianique*. Si l'on traite l'éther de l'acide en dissolution alcoolique par le cyanure de potassium, il se forme un composé très difficilement soluble de couleur jaune $C^{20}H^{16}O^{8}$, un autre légèrement soluble $C^{20}H^{12}O^{8}$ et est un éther neutre de l'acide hémipicrique. Le composé $C^{20}H^{16}O^{8}$ a une structure analogue au diphtalyle

```
        CH³O                    OCH³
  CH³ O/ \—C  =  C—/ \OCH³
       |  |  >O O<  |  |
        \ /—C     C—\ /
            ||     ||
            O      O
```

et doit être considéré comme un tétraméthoxyldiphtalyle ; quant au second il paraît être un tétraméthoxylhydrodiphtalyle. — MM. **Goldschmidt** et **Jalioda**. *Sur les produits de réaction de la benzylamine et de la glycolchlorhydrine*. — M. **Tschermak**. *Seconde communication sur le groupe des chlorites*. L'auteur examine les rapports entre la constitution et la composition de ces minéraux ; ce travail renferme un grand nombre d'analyses chimiques, qui se rencontrent parfois avec celles de M. Luduwiz.

Sciences naturelles. — Le Dr **Adamkiewicz**. *Sur le virus et les cellules des tumeurs malignes (cancers)*. Le virus cancéreux qui se forme dans la substance du carcinome et que l'auteur a déjà décrit se développe beaucoup plus aisément dans le sang que dans le système lymphatique. Ainsi une dose qui, introduite dans le sang, tue immédiatement l'animal en expérience, ne produit le même effet qu'au bout de plusieurs jours introduite dans le système lymphatique. Dans les deux cas on observe toujours la paralysie avant la mort. Tandis que (surtout dans l'introduction par le système lymphatique) les phénomèmes d'incitation peuvent faire complètement défaut. Si l'on inocule des particules cancéreuses, prises sur un malade, à des animaux vivants, on remarque souvent l'apparition de cellules cancéreuses à des endroits même assez éloignés du point d'inoculation.

Emile Weyr,
Membre de l'Académie.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE SAINT-PÉTERSBOURG

Séance du 28 janvier 1891.

1° Sciences physiques. — M. **G. Wild** lit une note sur *l'adaptation des lampes électriques Edison aux appareils enregistreurs qui fonctionnent à l'aide de photographie*. Les résultats des expériences sont complètement favorables au remplacement du mode d'éclairage ordinaire (gaz, lampes à pétrole) par l'éclairage électrique. Avec ce dernier, les dessins des courbes des magnétographes sont beaucoup plus nets, les interruptions dans l'éclairage sont réduites au minimum (grâce aux avertisseurs électriques), la lecture des indications des instruments se fait plus rapidement, etc. En outre les lampes Edison n'échauffent point les appareils et coûtent moins cher.

2° Sciences naturelles. M. **A. Famintzin** fait la déclaration suivante : « L'année passée, au mois de mai, j'ai présenté à l'Académie un mémoire sur le phénomène de symbiose des cellules vertes et des infusoires. Dans ce mémoire je confirmais l'existence d'une enveloppe et d'un noyau chez la *Zoochlorella* et je décrivais une algue vivant librement, semblable en tout point à cette dernière. J'en concluais que les cellules vertes des infusoires étaient des algues, et je disais que, malgré tous mes efforts et les expériences de deux années, je n'ai pu réussir à faire vivre ces algues en dehors de l'organisme de l'infusoire. D'ailleurs les autres observateurs n'étaient guère plus heureux que moi et ne pouvaient que constater la mort plus ou moins rapide des cellules en question isolées du corps de l'infusoire. Continuant depuis mes expériences, en variant les conditions dans lesquelles elles se faisaient, j'ai pu découvrir quelques indices qui permettaient d'espérer des résultats plus favorables en essayant une culture des cellules dans des solutions de sels inorganiques, soit purs, soit mélangés avec l'agar-agar. Enfin en septembre dernier j'ai réussi à obtenir une végétation superbe de cellules vertes extraites du *Paramæcium Bursaria*, et en décembre des cellules vertes de la *Zoochlorella* et du *Stentor polymorphus*. »

O. Backlund,
Membre de l'Académie.

CHRONIQUE

LES FÊTES DU CINQUANTENAIRE DE LA FONDATION DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE LONDRES

Notre éminent collaborateur, M. A. Gautier, vient de rendre compte en ces termes à la Société chimique de Paris de la réception faite par la Société chimique de Londres à la délégation française qu'il présidait :

Vers le commencement du mois de février dernier la *Société chimique de Paris* recevait de la *Société chimique de Londres* l'invitation de se joindre à elle pour célébrer le cinquantenaire de la fondation de la célèbre Société chimique anglaise. Nos sympathies pour les savants Anglais, et le souvenir que la Société chimique de Londres avait servi, pour ainsi dire, de modèle à la Société chimique de Paris, fondée par Würtz en 1858, nous firent accepter avec plaisir cette invitation, d'ailleurs faite en termes pressants et très flatteurs pour nous.

Les fêtes devaient avoir lieu les 24 et 25 février. M. H. Armstrong, secrétaire général de la Société chimique anglaise, fut averti de notre adhésion et la délégation française composée de MM. A. Gautier, président actuel de la Société chimique de Paris, Haller (de Nancy), Correspondant de l'Institut, de Clermont et A. Combes arrivait à Londres le lundi 23 février au matin.

Ce n'a pas été sans peine qu'au milieu d'un brouillard épais et jaunâtre que ne parvenait pas à percer la lumière des bec de gaz sans cesse allumés, ni celle des torches à pétrole portées à main d'homme, nous avons pu nous rendre au siège de la Société, à Burlington House, puis chez son honorable président M. W. J. Russel. La Société chimique anglaise avait voulu nous faire complètement les honneurs de sa ville, et loger les délégations étrangères chez les savants londoniens ; MM. Gautier et Combes chez M. le Dr Gladstone, MM. de Clermont et Haller chez M. Ramsay. Au milieu de la fumée de houille qu'une absence complète de vent laissait se rabattre sur la grande ville, ce n'a été qu'après bien des péripéties et un retard très sensible que nous avons pu arriver chez nos aimables hôtes.

Le mercredi 24 les fêtes ont commencé par une assemblée générale des membres de la Société chimique et des délégations étrangères, tenue l'après-midi dans l'*amphithéâtre de l'Université de Londres* (Burlington Gardens). La belle salle était comble, et à 3 heures, M. le président Russel déclarait la séance ouverte et souhaitait à tous la bienvenue.

J'ai dit quelle était la délégation française. La délégation allemande était composée de MM. V. Meyer, (d'Heidelberg), Will (de Berlin), Hollz et un quatrième délégué représentant l'industrie chimique. Les Sociétés de Saint-Pétersbourg, New-York, etc., avaient envoyé des adresses et des félicitations.

Après les speeches très applaudis du président actuel, de MM. Grove et sir Lyon Playfair, membres fondateurs de la Société chimique anglaise et anciens présidents de cette Société, M. le professeur Odling a prononcé un fort intéressant discours exposant les progrès de la chimie depuis la fondation de la Société de Londres, c'est-à-dire depuis un demi-siècle. Nous espérons que ce discours, aussi savant qu'équitable et pondéré dans ses jugements, plein de points de vue originaux, sera publié dans l'une de nos Revues françaises[1].

Le président a donné ensuite successivement la parole aux présidents des délégations étrangères. Voici comment s'est exprimé M. Gautier, au nom des chimistes français :

« C'est toujours un nouveau regret pour moi, lorsque « je me retrouve à Londres, de ne pas assez par- « ler la langue anglaise pour oser l'aborder devant « vous : mais (et c'est un peu notre excuse) vous parlez « ou entendez tous le français, et vous me par- « donnerez aisément, je l'espère, de vous dire en « français les sentiments qui nous ont conduits ici.

« Quelle que soit la différence de nos mœurs et de « nos institutions, quels que soient les événements et « les révolutions qui nous ont séparés autrefois, l'on « peut dire que rien n'est parvenu à diminuer l'estime, « l'amitié particulière que les savants de notre pays « portent à ceux du vôtre. Ce sentiment vif et persis- « tant qui date d'avant le commencement de ce siècle, « et que je crois être partagé par vous » (oui, oui) « tient à des causes multiples :

« Ce que nous estimons dans les savants anglais, « c'est la grande originalité de leurs idées et de leurs « méthodes ; c'est la portée pratique aussi bien que « théorique de leurs découvertes ; c'est la clarté de « leur exposition, et la netteté de leurs résultats ; c'est « la conscience, le manque de hâte avec lesquels sont « publiés leurs travaux ; c'est l'équité complète de « leurs jugements, leur loyauté vis-à-vis de leurs con- « frères étrangers ; c'est l'hospitalité généreuse qu'ils « offrent dans leurs journaux aux publications des « autres pays.

« De cette hospitalité anglaise nous en avons une « preuve plus sensible encore aujourd'hui, et nous « vous remercions de la grâce aimable avec laquelle « vous nous recevez dans vos maisons, et nous faites, « pour ainsi dire, participer à vos fêtes de famille.

« Les plus illustres d'entre nous auraient voulu ve- « nir assister à ce Jubilé et célébrer ici le cinquantième « anniversaire de la création de votre célèbre Société « chimique ; mais diverses raisons les en ont empêchés « et je suis chargé de vous en exprimer le regret : de « M. Pasteur, dont la santé, quoiqu'un peu affermie, « n'est plus celle de la jeunesse ; de M. Berthelot retenu « au Sénat et au Ministère par des commissions d'étu- « des où ses connaissances spéciales sont indispen- « sables ; de M. Friedel, en ce moment fatigué. — Mais « ils se joignent de cœur à vous dans cette fête, comme « le font les membres de la Commission française ici « présents, MM. de Clermont, Haller, Combes et moi- « même.

« La Société chimique de Londres a été le modèle et « la grande sœur de la Société chimique de Paris. « C'est ici que son fondateur, Würtz, est venu se ren- « seigner, et c'est au Président actuel de notre Société « qu'incombait le devoir, l'honneur et le plaisir de se « mettre à la tête de la Commission venue pour vous « complimenter et vous apporter l'expression de notre « estime et de notre admiration pour vos savants les « plus célèbres, nos souhaits les plus cordiaux pour la « prospérité à venir de votre Société. »

Après ce discours, très applaudi, M. le Dr Will a lu au nom de la Société de Berlin une adresse de la *Deutsche chemische Gesellschaft* à celle de Londres et il a déposé sur le bureau cette adresse, écrite sur vélin, en caractères gothiques et magnifiquement reliée. Une belle illustration était peinte en tête de ce livre ; la Société chimique de Londres, sous les traits d'une femme, assise, recevait la Société chimique de Berlin, représentée par une belle et luxuriante fille voulant bien descendre d'un piédestal pour aller féliciter celle qui l'attendait assise au-dessous d'elle. Après la lecture d'une nouvelle adresse de la Société pharmaceutique de Londres, la séance a été levée.

Le soir du même jour les membres des Sociétés anglaises et étrangères étaient invités à une soirée et à une exposition scientifique tenues dans les magnifiques salons que la corporation des Orfèvres de Londres avait mis à la disposition de la Société chimique. Je ne parlerai ni de la cordialité de la réception, ni de la présence du Lord-Maire auquel nous avons eu l'honneur d'être présentés, ni de l'exposition intéressante des portraits des divers Présidents de la Société chimique anglaise depuis sa fondation, ni de l'excellente musique de l'artillerie de la garde, mais seulement de l'exposition des produits et appareils, principalement due aux anciens Présidents de la Société anglaise. Parmi les pièces les plus curieuses de cette exposition historique je me bornerai à citer :

1° L échantillon original de phosphore préparé en 1680 dans le laboratoire de *R. Boyle* par le célèbre alchimiste *Godfrey Hanckwitz*. C'est le premier échantillon de phosphore produit industriellement, avant même la publication posthume de la méthode de Boyle faite en 1693.

2° Le fourneau a coupellation de *sir Isaac Newton*, alors Maître de Mines.

3° La balance de poche de *W. Scheele*, et la balance de *Cavendisch*.

4° La batterie galvanique avec laquelle sir *H. Davy* découvrit les métaux alcalins. Les premiers spécimens de ses lampes de sûreté pour les mines.

5° Les appareils originaux de *J. Dalton*, ses manuscrits, ses baromètres, eudiomètres ; les tubes gradués dont il se servit dans les travaux qui lui firent découvrir la loi des proportions multiples.

6° La première photographie du spectre solaire prise par *Draper*.

7° Les appareils originaux de Faraday pour la liquéfaction des gaz. Le dispositif qui lui servit pour la première fois à découvrir la relation du plan de polarisation sous l'influence du magnétisme.

Le premier échantillon connu de benzine.

8° Les tubes de graphite et d'hydrophane employés par *Th. Graham* lorsqu'il découvrit la diffusion des gaz ; ses osmomètres, ses appareils à dialyse ; ceux qu'il employa pour étudier la capillarité, la séparation des gaz par athmolyse et dialyse.

9° Les appareils utilisés par *C. Brodie* pour ses études sur l'ozone.

10° Du Dr *Gladstone* : divers produits, tels que l'hydrate de tébébenthine préparé en 1846 ; la xyloïdine (1847), l'éthylate d'aluminium ; diverses acétones ; le couple zinc-cuivre original, la première batterie électrique à air, etc., etc.

11° De *Warren de la Rue* : l'une des premières photographies de la lune et des premières applications de la photographie à l'étude du ciel.

12° De S. *Frankland* : les échantillons originaux de radicaux organométalliques et son boréthyle. L'appareil qui lui a permis de déterminer l'énergie potentielle des divers aliments ; les appareils qui lui ont servi à mesurer la chaleur de combustion de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone sous de hautes pressions. Les produits de ses recherches, faites avec Duppa sur les éthers diacétoacétiques et autres. Les appareils employés (avec

[1] On trouvera l'analyse de ce discours à la suite de cet article. (*N. de la Réd.*)

M. Armstrong) pour doser l'azote des nitites, nitratts et celui des composés organiques des eaux potables.

13° De sir *Frédérick Abel* : les spécimens originaux de coton poudre préparés en 1846 ; les échantillons primitifs de coton poudre granulés, comprimés, nitroglycérinés. Les bombes et appareils à explosion d'Abel et Noble. Le premier échantillon de *cordite*, ou poudre anglaise sans fumée.

14° De *J. H. Gilbert* : Les premiers appareils imaginés par Lawes, Gilbert et Pugh de 1837 à 1860, pour savoir si les plantes absorbent ou non l'azote libre de l'air.

15° De *sir Henry Roscœ* : la première série complète d'échantillons des composés du Vanadium.

16° De *W. H. Perkins* : une série très intéressante de produits chimiques, parmi lesquels l'échantillon original de *Mauvéine*, la première couleur obtenue avec le goudron de houille en 1836.

17° De *Hugo Müller* : divers composés : acide malanique, homopyrocatechine, quercite du *Chamerops humilis*, matières colorantes diverses.

18° De *W. Crookes* : les premiers échantillons de dépôts sélénifères où il decouvrit le thallium, et une série très complète des dérivés de ce métal. Des échantillons de minerais thallifères (*Crookenite*, séléniure de cuivre et de thallium, contenant 17,25 °/ de thallium). Pyrites thallifères du Cumberland.

Radiomètres. Appareils nombreux et ingénieux, destinés à l'étude de la matière radiante ;

Appareils pour étudier les phénomènes de phosphorescence dans le haut vide.

Spécimens des terres rares et de leurs sels : Gadolinite, Samarskite, Allanite, Thorite, Eudyalite, Orthite, Albite, Rhabdophane, Colombite, Hjelmite, etc.

19° De *E. Daniell* : Les premières piles électriques ; ses batteries à gaz; son pyromètre.

20° De *Th. Andrews* : la collection de ses appareils de recherches sur l'ozone, la liquéfaction des gaz, la continuité des états gazeux et liquide, et le point critique ; son calorimètre pour déterminer la chaleur des combustions.

21° De *J. Joule* : le modèle du calorimètre qu'il employa pour déterminer l'équivalent mécanique de la chaleur.

22° De *W. Weldon*, *E. Schenck*, *W. Francis*, *R. Warington*, *J. Spiller*, *G. Matthey*, diverses expositions de portraits, manuscrits, en particulier les premiers appareils de platine, fabriqués en 1816, et ceux de la maison Johnson Matthey and C°. Des coins et médailles de platine frappés en 1826, à Saint-Pétersbourg, et de beaux spécimens de platine, palladium, rhodium, ruthénium, iridium, etc.

Le lendemain de cette belle et intéressante soirée, fut consacré par les délégués français à visiter les établissements scientifiques de Londres y compris les laboratoires particuliers : Nous avons rapidement parcouru l'*Ecole des Sciences*, véritable Faculté des Sciences de Londres, mais d'où l'on a exclu les sciences non expérimentales (mathématiques, astronomie, etc.) qui s'enseignent ailleurs ; l'Ecole des Mines, l'Institut des Ingénieurs civils : la Monnaie qu'a bien voulu nous montrer dans tous les détails de son fonctionnement ingénieux son savant directeur M. Roberts Austen etc. Le temps de cette seconde journée s'est donc fort utilement passé et nous avons été ainsi conduits jusqu'au grand dîner qu'on nous offrait le soir dans les salons de Whittehall, sans que nous ayons pu nous soustraire un instant à l'attrait de l'étude du fonctionnement de tant d'institutions nouvelles pour nous.

J'étonnerais nos compatriotes si je leur disais que cette réception, à laquelle avait bien voulu assister Lord Salisbury lui-même, ainsi que M. l'Attorney général sir Robert Webster et divers membres du Parlement, ne nous a pas particulièrement intéressés. Certes les formes que les Anglais aiment à conserver ne sont pas exclusives, dans ces grands dîners d'apparat, d'une certaine simplicité et de beaucoup de cordialité, et lorsque le *toast Master* proclame successivement les noms de ceux qui vont prendre la parole ; cette solennité n'empêche pas l'orateur de parler à son auditoire attentif et bienveillant avec cette familiarité que nous aimons et que cultivent aussi nos voisins d'Angleterre. Je regrette bien de ne pas pouvoir faire passer sous les yeux des lecteurs les toasts prononcés successivement au dessert par M. le Président Russel ; celui de M. le Marquis de Salisbury, qui lui a répondu, a été publié par le *Times*, et nous pouvons en donner un extrait assez complet; on verra que l'humour britannique ne perd jamais ses droits.

Après ce discours, M. l'Attorney général a parlé avec beaucoup d'esprit de ses relations de collège avec divers membres de la Société chimique de Londres, aujourd'hui ses amis; puis, sir Lyon Playfair, avec sa verve oratoire toujours nouvelle et toujours jeune, nous a charmés à son tour. Enfin ont successivement pris la parole, M. le représentant de la Société des Orfèvres de Londres, et M. Frankland, chargé de porter un toast aux délégations étrangères.

M. Gautier lui a répondu le premier par les paroles suivantes :

« Lorsqu'il y a trente années (un peu plus peut-être) « je commençais à étudier avec M. Chancel, le successeur de Gerhardt à Montpellier, et M. Bérard, le collaborateur de Delaroche, la chimie de ces temps lointains, les noms de H. Davy, Dumas, Liebig, Berzélius, revenaient sans cesse, et l'on commençait à nous faire connaître alors, comme des nouveautés, devenues depuis classiques, les beaux travaux de M. Williamson sur l'éthérification, et de M. Frankland sur les radicaux organométalliques. Que j'étais loin alors de m'attendre au périlleux honneur qui m'est échu ce soir de répondre à l'illustre savant que je viens de nommer le dernier, et de lui répondre dans son pays même, dans cette hospitalière et heureuse Angleterre qui vit tranquille, protégée par ses vieilles institutions, et qui a bien raison d'être fière de ses savants, alors qu'elle peut compter parmi eux l'homme d'Etat qui a bien voulu ce soir assister à notre fête, Lord Salisbury, Lord Raleigh et le duc d'Argyll lui-même.

« A cet honneur très grand et dont je rapporte tout le prix à votre pays et au nôtre, permettez-moi de répondre d'abord par un vœu : celui de pouvoir nous retrouver tous, sans qu'il en manque un seul, lorsque nous célébrerons à notre tour à Paris le cinquantenaire de la fondation de notre Société chimique. Elle date de 1858, et par conséquent c'est 17 années que je demande au Ciel d'accorder à chacun de nous. Nul ne s'y opposera sans doute, et nous essaierons alors, unis dans une fête semblable, de vous recevoir à notre tour avec les mêmes sentiments de cordialité et la même hospitalité.

« Messieurs, qu'elle le veuille ou non, la science arrive à deux résultats distincts : elle étudie les faits, elle essaie de les généraliser et d'en déduire les lois qui permettent d'agrandir le champ des connaissances humaines et de les appliquer à l'accroissement du bien-être commun. Mais elle devient aussi un moyen d'union entre les hommes et les nations. Des fêtes comme celle-ci en sont la preuve sensible. Elles permettent de se tendre la main, elles rapprochent ceux qui resteraient éloignés ; elle fait se juger et s'estimer personnellement des hommes qui se connaissent souvent depuis longtemps sans se voir, s'entendre, ni songer à s'entr'aider.

« Par nos publications, nos livres, nos cours publics, nous possédons aussi des moyens d'être utiles en jouant ce rôle de pacification. De ces moyens croyez-le bien, nous ne nous faisons pas faute en France. Je vous ai dit hier quels sont nos sentiments vis-à-vis des savants de l'Angleterre ; qu'il me soit permis, puisque l'occasion s'en présente, de dire aussi notre pensée aux savants allemands ici présents. Nous professons tous le culte scientifique qu'elle mérite pour la travailleuse et érudite Allemagne, et nos élèves

« savent bien tout le cas que nous faisons de nombreu-
« ses publications qui nous en viennent, et l'admira-
« tion que nous avons pour ses plus célèbres chi-
« mistes.

« C'est ainsi que la Science arrive peu à peu à apai-
« ser et unir les hommes et les nations. Les peuples
« auront beau échanger leurs obus sur les champs de
« bataille, ils échangent aussi leurs idées, et les conquê-
« tes scientifiques, d'où qu'elles viennent, resteront un
« patrimoine commun. De cette communauté de goûts,
« de ces échanges, naîtra tôt ou tard, bientôt peut-être,
« la pacification désirable, le règne de l'équité et de la
« raison.

« Messieurs, l'on a dit que la science n'a pas de pa-
« trie, c'est ainsi qu'il faut l'entendre ; c'est dans cette
« pensée, et sous l'égide de l'hospitalité anglaise, que
« dans cette fête pacifique je bois à l'union des hom-
« mes de bonne volonté par la science et pour le bien
« général. »

Après ce toast, M. V. Meyer a pris la parole au nom de l'Allemagne. Le nom de l'illustre chimiste de Heidelberg a soulevé des hurrahs bien mérités. M. V. Meyer a developpé avec beaucoup d'éloquence ce thème que la Société chimique de Berlin, la plus nombreuse comme membres inscrits, la plus productive en publications, était certainement la Société chimique internationale par excellence. Elle est ouverte à tous, dit-il; elle a eu pour Présidents des hommes tels que W. Hofmann, qui s'est presque formé en Angleterre; Kekulé, qui a fait à Londres ses premières observations sur la loi des valences. La Société chimique allemande est donc heureuse de tendre une main amie à celle de Londres, etc.

Après d'autres toasts encore, prononcés par M. Abel, pour remercier les membres étrangers et les visiteurs, par sir Andrew Clark et le Président de la Société pharmaceutique de Londres, la séance a été levée.

Notre rôle de délégués était terminé, mais nous n'avons pas voulu quitter l'Angleterre sans assister à l'une des séances de la célèbre Société Royale de Londres, qui devait avoir lieu le lendemain. Notre aimable hôte M. H. Gladstone, F. R. S., a bien voulu nous présenter, durant le thé qui précède chaque séance, aux plus illustres des savants anglais, et nous avons pu assister ensuite à une très intéressante lecture (*Croonian Lecture*) de M. Victor Horseley, sur le système nerveux des mammifères, et les localisations des centres fonctionnels, déterminés durant la vie, par une nouvelle méthode d'inscriptions électriques; cette lecture a été illustrée de nombreuses et remarquables projections lumineuses.

Tel est le résumé très succinct de notre court séjour à Londres. La délégation française en revient très satisfaite, très touchée de l'hospitalité et de l'affabilité des savants anglais, de la connaissance qu'ils ont de notre langue, de nos hommes et de nos travaux ; très frappée de l'activité de leurs institutions privées et publiques d'enseignement supérieur. Elle fait des vœux pour que l'occasion se renouvelle le plus souvent possible de resserrer encore les nœuds de ces vieilles et amicales relations qui datent de plus d'un siècle; relations fondées sur une estime réciproque et une commune conception que la Science doit rester en dehors et au-dessus de la considération des intérêts matériels des partis et des races.

DISCOURS DE M. ODLING

Parmi les nombreux discours prononcés au jubilé de la Société chimique de Londres, l'un des plus remarqués et des plus applaudis a été celui du professeur Odling, sur le développement de la chimie depuis la fondation de la Société. En voici le résumé, d'après la revue anglaise *The Chemist and Druggist* :

Si l'on étudie les progrès qu'a faits la chimie depuis cinquante ans, on est frappé de ce fait que la théorie et l'application avancent toujours simultanément et la main dans la main. Les développements de l'industrie chimique moderne sont dus en grande partie aux recherches de laboratoire, et, d'autre part, l'industrie, en fournissant à la science, des corps nouveaux et variés en quantités considérables, a forcé le chimiste à se rendre compte de la futilité de ses convictions sur la constitution chimique des corps. Mais après un examen sévère, on peut dire que les doctrines chimiques actuelles reposent sur une base beaucoup plus solide que cela n'arrivait autrefois.

La science nous a permis de pénétrer beaucoup des secrets de la nature : l'étude de la synthèse, commencée par Wöhler puis par Berthelot, a conduit à d'admirables résultats pratiques ; citons la synthèse industrielle de l'essence de Wintergreen et de la Garance. Les travaux de Fischer sur la synthèse des sucres ont fait disparaître pour toujours la vieille idée de la force vitale. Car tous ces corps, aujourd'hui obtenus par synthèse, étaient considérés comme des productions de cette force mystérieuse. Sur ce sujet, nos idées ont subi non pas un simple changement, mais une véritable révolution.

Passant en revue, les principales découvertes effectuées dans ces cinquantes dernières années, le professeur Odling, cite la théorie de la dissociation, à laquelle est attaché le nom de Sainte-Claire-Deville, la théorie de la dissolution des sels, de la diffusion, de la pression osmotique ; les découvertes de Graham sur l'osmose et de Faraday sur l'électrolyse. Les recherches sur l'état de la matière aux températures élevées ont conduit Bunsen et Kirchoff à l'analyse spectrale, en étendant la chimie au delà des limites terrestres et en créant une science cosmique.

Quel pas énorme, dit l'orateur, a fait faire cette découverte à nos idées sur la nature et la relation mutuelle des éléments. Elle a permis à certains chimistes, dont plusieurs sont des savants de premier ordre, de se lancer dans l'étude de la nature des éléments, étude qui, si elle ne conduit pas encore à des résultats bien clairs, peut mettre en évidence dans l'avenir des vérités de la plus grande importance. Puis est venue la question des rapports de combinaison des éléments. Les travaux de Gehrard, Wurtz, Faraday, ont produit la révolution des poids atomiques, d'où sont sorties les idées sur la valence, le pouvoir de substitution et enfin la loi périodique de Newlands et Mendeleeff.

Cette conception, qui établit entre les éléments un lien, au lieu de les laisser complètement isolés les uns des autres, est une des plus grandioses de la période scientifique actuelle. Elle a ouvert la voie à de nombreux travaux, et c'est en partant de recherches qui en dérivaient que Kékulé a été conduit à l'idée de la saturation mutuelle des affinités, idée qui a transformé la chimie organique.

Le professeur Odling ne fait que mentionner l'œuvre de Le Bel et Vant-Hoff, qui est d'une très grande portée et ouvre des vues nouvelles sur l'hypothèse atomique de Dalton; mais il croit en avoir assez dit pour montrer la nature et l'étendue des progrès qu'a accomplis la science depuis la fondation de la Société chimique.

Erratum : C'est par erreur que dans notre dernier numéro (28 février 1891), les trois analyses des ouvrages de MM. Boltzmann, Ritter, Rubens et Ritter ont été signées du nom de M. Guillaume. Nous les devons à M. E. Sarasin, de Genève.

Le Directeur-Gérant : Louis Olivier

Paris.—Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.